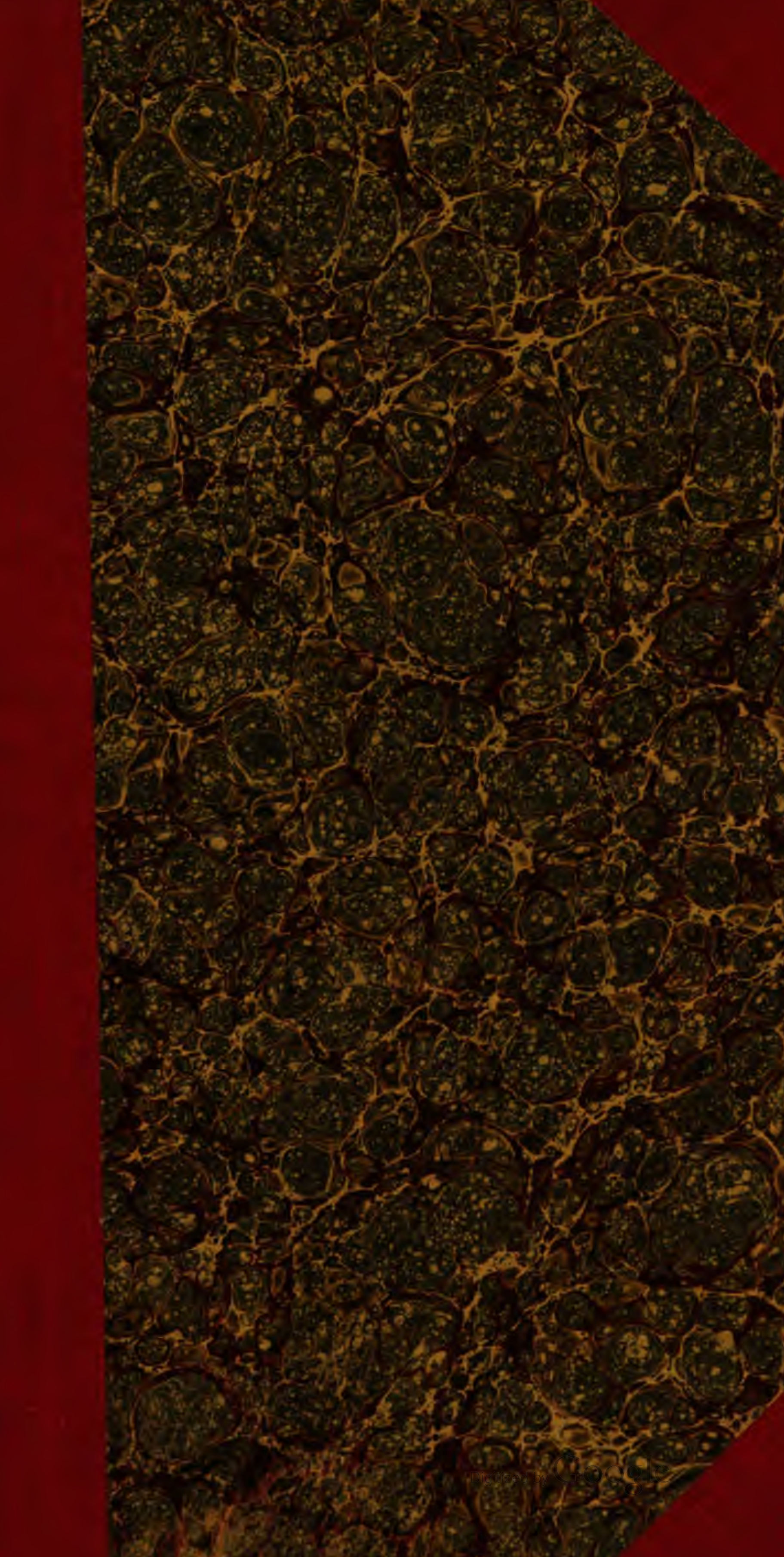



HARVARD
UNIVERSITY
ARNOLD
ARBORETUM
PRESENTED BY
CHARLES SPRAGUE SARGENT
1892

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES

DE

L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

(Ecole Supérieure de l'Agriculture)

2e SÉRIE — TOME V

FASCICULE 1er

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
LIBRAIRES-ÉDITEURS
Rue Hautefeuille, 19

LIBRAIRIE AGRICOLE
DE LA MAISON RUSTIQUE
Rue Jacob, 26

PARIS
1906

July 1912
26871

LE Dr H. GEORGE

(1836-1905)

Maître de Conférences d'Hygiène à l'Institut National Agronomique

---

C'est avec une peine profonde que nous avons appris la mort de notre excellent maître et fidèle ami, M. le docteur George. Atteint de la grippe au printemps dernier, il avait gardé de cette affection une insurmontable faiblesse. Persuadé cependant que l'air du pays natal apporterait une amélioration à son état de santé, il s'était rendu à Triaucourt (Meuse), il y a deux mois. Mais le mal ne devait pas pardonner : de jour en jour, notre pauvre maître baissait, la lampe sans huile s'éteignait et, malgré les soins assidus et le dévouement constant de ceux qui l'entouraient, la mort le prenait sans souffrance le 2 septembre dernier.

La fin encore prématurée de notre maître nous fait reporter par la pensée à une trentaine d'années en arrière. C'était à l'automne de 1872, à la rentrée des classes, dans la vieille maison de la rue d'Enfer, où, à l'Ecole d'architecture, allait succéder l'Ecole Lavoisier. Tout jeunes alors, nous sortions à peine du cauchemar affreux qui, pendant un an, avait

bouleversé notre malheureux pays. Endoloris encore des angoisses de la veille, nous trouvions à Lavoisier un second foyer et de franches amitiés, de celles, nouées entre jeunes camarades, qui se perpétuent dans la vie et survivent au temps. Et parmi ceux qui constituaient ce foyer réchauffant, nous affectionnions tout particulièrement un maître, jeune encore, modeste, doux et bienveillant à tous. C'était le docteur George : il était chargé de l'enseignement des sciences naturelles.

Ces sciences étaient choses bien nouvelles pour nous, et l'étude, si nous en jugions par les livres de l'époque, en semblait bien aride. L'anatomie et la physiologie animales, pour ne parler que du commencement, nous faisaient l'impression d'un grimoire ingrat, intelligible seul pour les initiés. Mais le docteur George avait pour qualités dominantes la simplicité et la clarté, cela joint à un bel ordre qui illuminait ses leçons. Très simplement, il nous donnait la substance de son cours, la fixait à l'aide de nombreux exemples, l'illustrait au moyen d'ingénieux schemas, des crayonnages au tableau que des enfants eussent compris. Et toujours, côtoyant le principe, l'application : à côté de l'examen de l'organe, l'étude de la fonction, puis celle de la conservation de celui-ci et du traitement en cas d'affection. C'est ainsi que sur l'anatomie se greffaient, presque automatiquement, la physiologie, l'hygiène et quelques notions de médecine domestique.

La zoologie vint ensuite ; là encore, c'était un enseignement appliqué, économique, comme on dirait aujourd'hui : c'était, avant tout, avec les notions indispensables d'anatomie comparée, l'étude des principaux animaux utiles et nuisibles. Puis, ce fut le tour de la botanique, science plutôt aimable, et de la géologie qui nous eût semblé peu avenante, si le docteur, qui avait pour elle un penchant spécial, ne nous l'eût, au contraire, rendue fort attrayante.

L'enseignement donné par le docteur George était ainsi parfaitement adapté aux besoins de son auditoire ; loin d'être

spéculatif, il était avant tout professionnel, utilitaire, dans la bonne acception du mot. Car, en M. George, s'incarnait l'hygiéniste : pour lui, l'étude des sciences naturelles avait pour conséquence normale la connaissance raisonnée de l'hygiène, « l'art de conserver la santé ». C'était évidemment



là un but humanitaire au premier chef, d'autant que lui-même n'avait jamais eu une santé bien robuste. Aussi ses recommandations, ses conseils éclairés ne manquaient pas aux jeunes : sa correspondance même en contenait fréquemment. « Souvenez-vous, nous écrivait-il un jour, que la santé est le principal instrument de travail, le premier de tous les capitaux... » Et une autre fois, en un de ces aphorismes dont il avait le secret : « La santé est la seule chose à souhaiter, car avec elle, on se tire toujours d'affaire, et sans elle, on

peut même perdre ce que l'on a. » Aussi combien de ses auditeurs durent-ils à son enseignement et à ses conseils d'échapper à la maladie, sinon à la mort !

Professeur, le docteur GEORGE l'était jusque dans les moelles : il en avait toutes les qualités, parmi lesquelles la principale, la bonté. Il aimait son enseignement ; il aimait ses élèves. Il ne les aimait pas seulement à ses cours, comme auditeurs de passage ; il s'intéressait à eux, les suivant dans la vie, les aidant de ses avis, se réjouissant de leurs succès, souffrant avec eux de leurs peines. Que de fois n'avons-nous pas éprouvé la bonté constante de son cœur, son amical et chaleureux appui !

Vulgarisateur, il l'était aussi et de façon supérieure : il était de l'école des Jules Verne, des Figuier, des Flammarion. A quelqu'auditoire qu'il parlât, à quelque lecteur qu'il s'adressât, l'explication imagée portait. Ce qu'il faisait à Lavoisier, c'était, avant tout, de la vulgarisation ; plus tard, à l'Institut agronomique, c'était encore, dans un autre genre, de la vulgarisation, de même que dans ses conférences populaires du Conservatoire des Arts-et-Métiers, qui eurent autrefois un succès si mérité.

A l'Institut agronomique, où il fut répétiteur de zootechnie et maître de conférences d'hygiène humaine, nous l'aimions bien aussi. Mais si l'enseignement était différent, les sympathies étaient toujours les mêmes. Ses conférences étaient un délassement, d'autant que notre excellent maître savait admirablement conter l'anecdote. Et, sans fausse pudeur, mais toujours avec une touche délicate, le conférencier prémunissait son auditoire contre les dangers tout spéciaux auxquels la jeunesse est en butte...

Comme homme privé, le cœur était à la hauteur de l'esprit, et celui-ci était des plus élevés. Son amitié, réfléchie et tenace, était sûre comme lui-même : elle durait une vie. Une pointe de misanthropie, un doux scepticisme en tempérait quelquefois l'abandon : c'est que l'expérience de la vie aussi était passée par là...

Cet homme aimable, malgré ses nombreuses amitiés, mettait au-dessus de tout les joies du foyer. On ne s'en étonnera certainement pas. Et les quelques mots suivants qu'il nous écrivait le peignent tout entier dans son intérieur: « J'irais bien volontiers aux conférences de M. G. Ville, mais j'ai réservé mes dimanches d'été (mon seul jour de liberté) pour sortir avec ma femme. J'avoue, qu'en pareil cas, la science passe pour moi au second rang. Je ne suis pas et ne serai jamais un assez grand savant pour avoir le droit d'être un mauvais mari. D'ailleurs, je ne m'en plains pas et j'avoue qu'aucune satisfaction intellectuelle ne vaut et ne remplace les affections de la famille. C'est un complément, voilà tout, et l'esprit doit céder le pas au cœur. » La dévouée compagne de celui qui a écrit ces lignes voudra bien nous pardonner d'avoir soulevé ce voile, qui nous permet de voir notre maître toujours bon et toujours égal dans sa bonté.

HECTOR GEORGE était né le 4 mai 1836, à Triaucourt (Meuse); il était lorrain de cœur et d'âme. Son père était juge de paix dans cette petite ville. Après de fortes études universitaires, il fit sa médecine et fut reçu docteur. Puis, se sentant un goût spécial pour les sciences naturelles, il suivit les cours de l'Ecole des Hautes-Etudes qui venait de s'ouvrir et devint, dans la suite, préparateur du cours de zoologie, anatomie et physiologie comparées à la Faculté des Sciences de Paris, sous la direction de Milne-Edwards. Licencié ès-sciences, il ajouta bientôt à son premier doctorat le grade de docteur ès-sciences naturelles. La guerre éclata; tout simplement, comme dans toutes les circonstances de sa vie, il prit le fusil de garde national, fut de faction comme les autres et alla à Buzenval. Pendant la guerre et la Commune, ses connaissances spéciales en médecine furent largement mises à contribution.

En 1872, comme nous l'avons dit plus haut, il commença à Lavoisier une carrière professorale qu'il ne devait cesser

qu'en 1896. Entre temps, il professa au lycée Saint-Louis et à l'Association polytechnique.

En 1877, un an après la reconstitution de l'Institut agronomique, il était appelé par le professeur Sanson à le seconder comme répétiteur et chef de travaux du cours de zootechnie. Un an plus tard, à la demande de notre premier et cher directeur, M. Tisserand, il était nommé maître de conférences d'hygiène humaine. Les services rendus dans ces fonctions et dans les grands concours agricoles lui faisaient attribuer la croix du Mérite agricole en 1886; ses services universitaires avaient été récompensés par les palmes de l'Instruction publique, et la croix de la Légion d'honneur venait couronner sa carrière au 1er janvier 1893. Il quitta l'Institut agronomique en 1897, heure à laquelle sonna pour lui la retraite; mais ses élèves ne le laissèrent pas partir sans, spontanément, lui remettre un objet d'art en témoignage de leur affection et de leur reconnaissance.

Et comme un sage, il s'était retiré avec Mme George dans une petite Thébaïde, à Antony, où il faisait un peu de jardinage et d'élevage de volailles. Là, les bruits de la grande ville ne lui parvenaient plus qu'atténués; il ne retournait d'ailleurs à Paris que pour voir quelques parents ou pour porter à l'éditeur le manuscrit ou les copies attendus.

Comme chroniqueur scientifique, en effet, le Dr George collaborait à plusieurs journaux politiques et techniques, principalement au *Journal d'Agriculture pratique*, où sa plume alerte et lucide traitait les questions d'élevage et d'hygiène depuis trente-cinq ans. Il était aussi l'auteur de nombreux ouvrages, dont plusieurs sont devenus classiques: les *Leçons d'hygiène*, tirées à dix éditions, l'*Hygiène rurale*, un de ses meilleurs livres, puis, dernièrement, la *Médecine domestique*.

Si la profession honore l'homme, il appartient à l'homme d'honorer la profession. Par toutes ses qualités de cœur et d'esprit, George honora le professorat: il s'était identifié

avec la fonction, c'était le Professeur, dans toute l'acception du mot.

Bon et dévoué Maître qui reposez là-bas, en cette terre lorraine qui vous fut si douce, nous conservons votre souvenir et bénissons votre mémoire. Et si cette mémoire de l'homme juste et bienfaisant est éternelle, la vôtre vivra, cher Maître, aussi longtemps que nous-mêmes et que les générations qui se succéderont dans les Ecoles que vous avez aimées.

Que votre digne compagne, la vaillante et noble femme dont la vie fut la vôtre, reçoive ici le respectueux hommage de ceux qui vous ont été chers, et que la reconnaissance unanime de vos élèves soit pour elle une atténuation et un adoucissement à sa douleur...

HENRY GROSJEAN.

DOSAGE RAPIDE DE L'ACIDE CARBONIQUE

dans les Atmosphères confinées ainsi que dans l'Atmosphère libre

PAR

MM. A. MÜNTZ

MEMBRE DE L'INSTITUT ET DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE
PROFESSEUR-DIRECTEUR DES LABORATOIRES A L'INSTITUT AGRONOMIQUE

E. LAINÉ ET **R. GALLOIS**

E. Lainé : INGÉNIEUR-AGRONOME, PRÉPARATEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE

R. Gallois : INGÉNIEUR-AGRONOME

Le dosage de l'acide carbonique de l'air est regardé, à juste titre, comme une opération longue et difficile. Ce gaz n'y existe ordinairement que dans la proportion d'environ 3/10000 et l'on comprend que la détermination d'aussi faibles traces oblige à opérer sur de grands volumes d'air, et avec beaucoup de minutie.

L'air normal, celui qui circule librement à la surface du globe, ne présente pas ordinairement de grandes variations sous ce rapport, et sa composition étant déterminée d'une façon générale, il ne peut y avoir qu'un intérêt scientifique à en rechercher les écarts. Il n'en est pas de même de l'air confiné, de celui que respirent des hommes et des animaux réunis en grand nombre dans des locaux, où son renouvellement est peu rapide. Les gaz de la respiration enrichissent graduellement une pareille atmosphère en acide carbonique, et il peut devenir utile d'en rechercher la proportion, pour

savoir si, au point de vue hygiénique, les êtres qui y séjournent ne sont pas exposés à en souffrir.

Ce n'est pas que l'acide carbonique lui-même, lorsqu'il est en proportion un peu plus élevée que dans l'air normal, soit précisément toxique. Son abondance est plutôt l'indice d'un manque de renouvellement de l'air, et de l'accumulation d'autres produits de la respiration et de la perspiration, qui vicient l'air au point de le rendre insalubre.

En pareil cas, particulièrement dans les ateliers, les hôpitaux, les casernes, les salles de réunion publique, les amphithéâtres et les classes des établissements d'instruction, les écuries et les étables, il peut y avoir un très grand intérêt à fixer à l'accumulation de l'acide carbonique une limite à partir de laquelle il devient nécessaire de procéder à une meilleure aération. Le Conseil d'hygiène de France, justement ému de ce fait, a pensé qu'une atmosphère pouvait être regardée comme viciée et devait être soumise à un renouvellement plus rapide ou plus fréquent, lorsque sa teneur en acide carbonique dépassait 8/10000.

I

Cas des Atmosphères confinées

Pour se rendre compte de cette accumulation d'acide carbonique, on est obligé de recourir à des procédés de dosage qui, actuellement, sont longs et délicats. Nous avons cherché à établir un procédé d'une exécution rapide et facile, permettant d'évaluer avec une approximation suffisante la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air des locaux fermés, ou simplement de constater si la limite de respirabilité n'est pas dépassée.

Le principe de ce dosage est des plus élémentaires. Il repose sur l'absorption de l'acide carbonique par une

solution alcaline qu'on titre avant et après passage d'un volume d'air connu.

Thénard et de Saussure l'ont dosé à l'état de carbonate insoluble; en traitant un volume déterminé d'air par de l'eau de baryte, Brunner et Boussingault faisaient passer un courant d'air dans des tubes contenant soit de la ponce potassée, soit de la chaux éteinte et mesuraient l'augmentation de poids. Schulze et Petenkoffer opéraient sur un volume d'air assez restreint qu'ils laissaient vingt-quatre heures en contact avec de l'eau de baryte, qu'ils titraient en fin d'expérience.

Reiset (et nous sommes en présence de la méthode la plus voisine de la nôtre), faisait barbotter l'air à examiner dans de l'eau de baryte qu'il titrait, au moyen d'acide sulfurique, avant et après passage d'un volume de 600 litres d'air.

Plus récemment, MM. Müntz et Aubin, au cours de leurs observations sur l'acide carbonique de l'atmosphère, faisaient absorber ce gaz par la fonce potassée, puis le déplaçaient et le dosaient en volume. Ce dernier procédé réunissait toutes les garanties d'exactitude; mais il était long et délicat et s'appliquait surtout à des recherches d'ordre théorique.

Principe de la Méthode

La méthode que nous présentons aujourd'hui, est titrimétrique. Elle repose, comme les précédentes, sur l'absorption de l'acide carbonique par les alcalis. Ces derniers sont employés à un certain état de dilution. L'absorption n'est totale que si l'air traverse la solution alcaline avec une certaine lenteur et dans un très grand état de division. Les cellules de la mousse produites par agitation dans une solution savonneuse remplissent parfaitement cette dernière condition. Chaque bulle agit pour son propre compte, comme un barboteur à parois continuellement imbibées d'alcali. C'est pourquoi la solution alcaline a été rendue mousseuse

par un savon ; quant à l'air, il est divisé par son passage à travers une toile métallique fine. Un titrage de la liqueur avant et après passage de l'air en observation, donne la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère qu'on observe.

La liqueur alcaline que nous employons est préparée avec de la potasse pure, dite potasse à l'alcool, presque exempte de carbonates ; la liqueur acide de titrage est une solution de bicarbonate de soude dans l'eau distillée, équivalant à une solution d'acide carbonique dans le carbonate de soude. L'indicateur de la réaction est le bleu Poirrier CBBBB très sensible à l'acide carbonique.

Description de l'Appareil

Pour réaliser les conditions plus haut énoncées, nous avons employé un appareil ainsi disposé (fig. 1) :

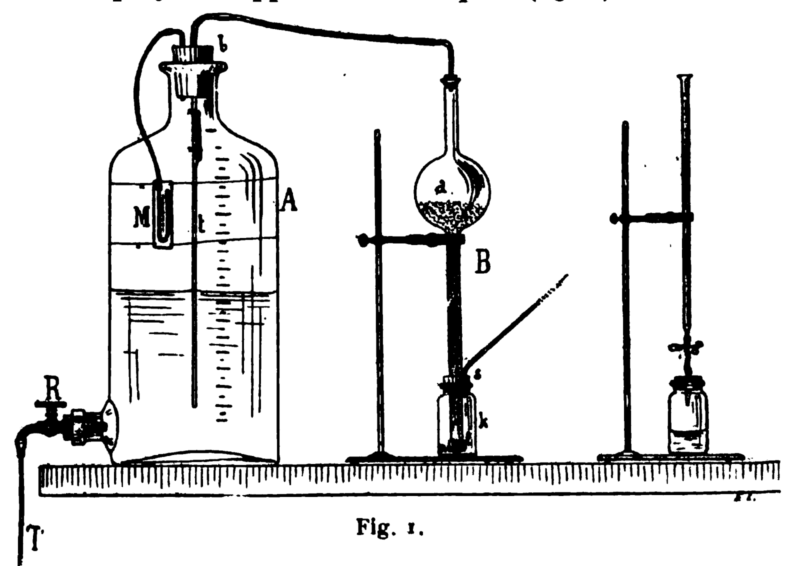


Fig. 1.

D'abord un aspirateur en verre A, gradué en litres, et d'une contenance de 10 litres environ (11-12 litres), qui sert à mesurer le volume d'air sur lequel on a opéré. Ce flacon, muni d'un tube de Mariotte *t*,

est tubulé à sa partie inférieure où il porte un robinet R. Pour permettre l'aspiration on a prolongé l'orifice du robinet par un tube T de verre recourbé à son extrémité, et dont la longueur est d'au moins 800 m/m. Sans cet accessoire, l'écoulement de l'eau est impossible, à cause de la résistance considérable fournie par la toile métallique *m*. Le bouchon à deux trous *b* du flacon porte un petit manomètre à mercure M, dont la dénivellation à la fin de l'expérience, retranchée de la pression barométrique, indiquera la pression dans l'aspirateur qui permet de calculer le volume réel de l'air ayant traversé l'appareil. Un petit thermomètre attaché sur le tube de Mariotte donne la température intérieure de l'aspirateur, au moyen de laquelle on fera les corrections de température.

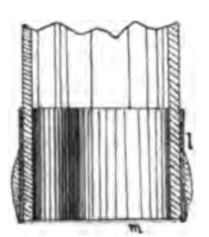


Fig. 2.

2° Une allonge B de forme spéciale, faite d'un tube de verre du diamètre de 20 m/m, renflé aux 2/3 de sa longueur en une ampoule *a* de 85 m/m de diamètre. La longueur du tube est, au-dessus du renflement, de 120 m/m ; au-dessous, de 290 m/m. A sa partie inférieure, l'allonge porte une bague en laiton *l* (fig. 2) sur laquelle on a tendu et soudé une toile métallique fine n° 150 *m*, c'est-à-dire présentant 150 fils au pouce linéaire (27 m/m, 3). (La figure 3 est la reproduction de la photographie deux fois agrandie de cette toile.) Après quoi la bague munie de sa toile est lutée sur l'allonge au moyen de mastic Golaz. C'est dans l'allonge que se trouve la solution alcaline absorbante, que l'air tra-

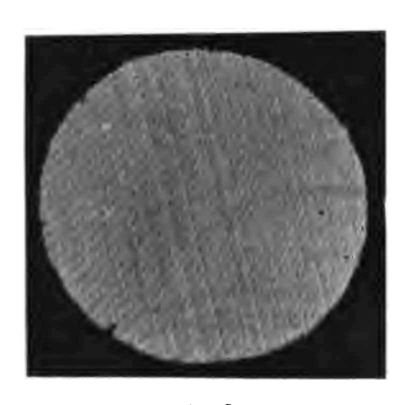


Fig. 3.

versera après s'être divisé par son passage à travers les mailles de la toile métallique. La communication entre l'allonge et l'aspirateur a lieu au moyen d'un tube de caoutchouc.

Tel est l'appareil dans ses éléments essentiels. Néanmoins, nous devons ajouter qu'il est avantageux de relier l'appareil à l'allonge par un petit barboteur à eau de baryte. Tout l'acide carbonique devant être absorbé par la solution alcaline de l'allonge, l'eau de baryte doit garder une parfaite limpidité.

Nécessaire dans les débuts, ce barboteur à eau de baryte devient superflu, quand, connaissant à fond l'appareil et la solution absorbante, on a acquis le coup de main nécessaire au réglage de l'écoulement dans l'aspirateur.

Préparation des solutions

Les solutions employées sont au nombre de trois : 1° solution alcaline ; 2° solution acide ; 3° indicateur.

A. SOLUTION ALCALINE

Voici comment nous préparons cette solution :

1 gramme d'huile d'arachides (on a choisi cette dernière pour sa saponification facile) est saponifiée par 2cc5 d'une liqueur de potasse très concentrée, saturée à chaud à 100°. (120 gr. de potasse à l'alcool pour 100cc d'eau). L'huile est placée dans un petit verre à précipiter, tiédie, puis additionnée de la solution de potasse encore chaude. On agite immédiatement avec un agitateur en verre à bout aplati, de façon à obtenir une émulsion qui assure la saponification complète au bout de quelques minutes. On est averti que le savon est totalement formé quand il ne reste plus dans le verre qu'une masse opaque, dure et friable, qui se pulvérise sous l'agitateur. Toutes ces manipulations doivent être faites autant que possible à l'abri de l'air.

On dissout ensuite le savon à chaud dans l'eau distillée

privée par ébullition prolongée de l'acide carbonique qu'elle contenait, puis on ajoute 50cc de la solution potassique concentrée, préparée comme il a été dit, et on étend à 5 litres avec de l'eau distillée privée de gaz carbonique.

B. SOLUTION ACIDE

Pour préparer la solution acide, nous avons procédé comme suit : 25 gr. de bicarbonate de soude ordinaire ont été dissous dans 1 litre d'eau distillée. Cette solution qui renferme par centimètre cube environ 2cc de gaz carbonique en excès sur le carbonate neutre, nous a donné les meilleurs résultats. Mais il faut en connaître la teneur exacte en gaz carbonique actif. Voici le moyen que nous avons employé pour la déterminer. Dans un volume de cette solution nous avons dosé l'acide carbonique total, puis, dans un même volume soumis à une ébullition prolongée, poussée presque jusqu'à l'évaporation à sec, l'acide carbonique restant à l'état de carbonate de soude neutre. La différence entre les deux résultats donnait l'acide carbonique existant en excès sur le carbonate neutre et actif sur l'indicateur colorant.

L'appareil que nous employons pour cette détermination se compose d'un ballon à 2 tubulures, dont l'une est reliée à une trompe à mercure avec un réfrigérant de Liebig, long d'environ 1m20. Dans ce ballon ont été placés 25cc d'acide sulfurique au 1/5. On y fait le vide et quand il est obtenu, on introduit dans le ballon par l'autre tubulure portant un bouchon muni d'un entonnoir et d'une pince, 10cc de la solution de bicarbonate. Puis on refait le vide, en chauffant et on recueille le gaz dans une cloche graduée placée sur la cuve à mercure. Quand le dégagement est terminé, on lit le volume du gaz obtenu, qui ramené à 0° et 760 est égal à V.

D'un autre côté, 100cc de la solution de bi-carbonate sont évaporés par ébullition dans un ballon jusqu'à les réduire à 15-20cc. Tout l'acide carbonique en excès sur le carbonate neutre s'est dégagé par cette ébullition prolongée. On ramène alors au volume primitif avec de l'eau exempte

d'acide carbonique ; puis on prélève 10^{cc} sur lesquels on opère comme précédemment. Soit v le volume de gaz carbonique, ramené à 0° et 760 m/m. Chaque centimètre cube de la solution contient donc : $\frac{V-v}{10}$ d'acide carbonique gazeux.

En introduisant quelques gouttes de solution de potasse dans la cloche, après la lecture, on s'assure qu'il n'y a pas d'air ; s'il y en avait, on ferait la correction.

C. INDICATEUR

L'indicateur est une solution aqueuse de bleu Poirrier CBBBB : $0^{g}5$ de bleu pour 40^{cc} d'eau. On sait que, rose en présence des alcalis, même très dilués, ce colorant vire au bleu franc quand la liqueur contient un très léger excès d'acide, même d'acide carbonique. Il est indispensable que la solution de bleu ne soit pas trop ancienne, car dans ce cas, elle perd de sa sensibilité. De tous les indicateurs étudiés, c'est celui qui nous a donné les meilleurs résultats. Le tournesol d'orcine et la phthaléine du phénol se sont montrés inutilisables.

Mode opératoire

Après avoir rempli le flacon aspirateur jusqu'au trait de graduation du o, ainsi que le tube d'écoulement T, on place dans un bocal *k* d'environ 200^{cc} (mais dont le volume gagne à être réduit), 15^{cc}, exactement mesurés à l'aide d'une pipette, de la solution alcaline. Ce volume est nécessaire à cause de la transformation en mousse, pour qu'il reste suffisamment de liquide de barbotage. Le bocal est ensuite bouché par un bouchon à deux trous *s*. Dans l'un de ces trous a été passée l'allonge, avant adaptation de la bague métallique. Dans l'autre un tube qui doit servir de prise d'air et qui peut être prolongé autant qu'on veut pour faire cette prise en un point quelconque. Il est préférable de ne le prolonger qu'avec des tubes de verre ou de métal, en réduisant au minimum la longueur des joints de caoutchouc à employer. Avec ces

précautions l'acide carbonique expiré par l'opérateur ne passe pas dans l'appareil et il n'intervient d'autre volume d'air que celui qui est arrivé par le gazomètre. L'allonge est plongée juqu'au fond, aussi plat que possible, du bocal.



Fig. 4.

On provoque alors l'aspiration en ouvrant le robinet R. Quand la solution alcaline est montée dans l'allonge, on soulève celle-ci légèrement pour l'éloigner du fond de 2 à 3 millimètres. Des bulles très fines se forment dans la masse du liquide, puis se réunissent en une mousse à cellules de très petit volume. Cette mousse, dont la figure 4 est la photographie, pendant la marche d'une opération, continue son mouvement ascendant, s'étale dans l'ampoule, et se résout petit à petit, vers le plan médian de celle-ci. Tout l'air est aussi divisé en bulles de fort petit volume par son passage à travers la toile métallique *m* ce qui multiplie le contact et favorise l'absorption complète de l'acide carbonique. L'air

doit passer assez lentement pour se diviser le plus possible. On peut adopter l'allure suivante : 10 litres d'air doivent passer en 35 minutes environ. Ce volume est largement suffisant pour un dosage dans les atmosphères confinées généralement très chargées d'acide carbonique ; si l'on veut se contenter d'une approximation, 5 litres peuvent suffire.

La solution alcaline préparée comme nous l'avons indiqué est d'ailleurs assez concentrée pour n'être saturée qu'après passage d'un volume de 20 litres d'air contenant 10/10000 de gaz carbonique. Cette solution est donc suffisante dans tous les cas. La marche doit d'ailleurs être telle que la mousse ne monte pas dans la partie supérieure de l'allonge, ce qui pourrait fausser le dosage.

Il ne faut pas utiliser l'allonge aussitôt après le lutage de la bague métallique. En effet, une partie du mastic Golaz a pu déborder à l'intérieur du tube, et se dissoudre alors dans la solution alcaline, en la colorant en rouge. On n'utilisera donc l'appareil qu'après y avoir fait barboter, à deux ou trois reprises différentes et 10 minutes chaque fois, une lessive de soude à 1 °/o environ. L'allonge est alors prête à servir. Après avoir fait passer un volume d'air déterminé, on ferme le robinet R. On lit sur l'aspirateur le volume qu'on note, ainsi que la dénivellation du manomètre, et la température de l'aspirateur. Pour connaître avec plus de précision le volume d'air passé, et éviter l'erreur de lecture d'autant plus considérable que le diamètre du flacon est plus grand, on peut mesurer exactement le volume de l'eau écoulée. Puis on ôte le bouchon supérieur de l'allonge, et on la soulève légèrement de façon que le liquide retombe dans le bocal. On lave cette allonge à l'intérieur et aussi à la partie extérieure qui a plongé dans le liquide alcalin, avec 15^{cc} d'eau distillée privée d'acide carbonique. Tous ces liquides étant réunis dans le bocal, on n'a plus qu'à titrer la liqueur par la solution de bicarbonate de soude, après y avoir ajouté deux gouttes de l'indicateur.

On obtient avec le bleu CBBBB comme indicateur, plu-

sieurs virages successifs. Un rose violacé, un violet franc, puis un bleu vif. Chacun pourra utiliser le virage qui lui semblera le meilleur. Celui que nous employons est le virage violet franc, de tous le plus sensible, à notre avis.

Calculs

La première opération est la réduction à o et 760 du volume d'air contenu en fin d'expérience dans l'aspirateur. Soit V ce volume apparent, H était la hauteur barométrique, *h* la dénivellation du manomètre, *t*° la température à l'intérieur de l'aspirateur, et *e* la tension de la vapeur d'eau à *t*°, exprimée en millimètres de mercure. Le volume réel à o et 760, sera :

$$V' = \frac{V[H-(h+e)]}{760 \times (1+\alpha t)}$$

Supposons que le volume ainsi réduit soit égal à $9^{l}325$, et que, avant passage de l'air, $9^{cc}5$ de solution acide saturaient 15^{cc} de liqueur alcaline ; que, d'autre part, 1^{cc} de cette solution acide contient $2^{cc}1$ d'acide carbonique gazeux. Si, après passage de l'air, la saturation de l'alcali restant s'effectue par $4^{cc}3$ de solution de bicarbonate, c'est que le gaz carbonique de l'air a remplacé $9,5 - 4,3 = 5^{cc}2$ de solution acide, lesquels contenaient $2,1 \times 5,2 = 10^{cc}92$ d'acide carbonique en excès sur le carbonate de soude neutre. Chaque litre d'air contenait donc

$$\frac{10,92}{9,325} = 1,169 \text{ centimètres cubes de gaz carbonique.}$$

Dans les atmosphères confinées, il n'est pas nécessaire de doser l'acide carbonique avec une grande précision ; il suffit le plus souvent d'avoir une approximation ou plutôt encore de savoir si une certaine limite est dépassée. On peut alors négliger quelques-unes des précautions indiquées plus haut, omettre les corrections de température et se contenter d'opérer sur 5 litres. On rend ainsi les opérations plus

faciles et plus rapides, tout en obtenant des résultats suffisamment approchés pour le but poursuivi.

Chacun pourra apprécier à quel degré de précision il voudra arriver et agir en conséquence.

Nous donnons à titre d'exemple les résultats obtenus dans quelques-unes de nos déterminations : La différence des titrages, avant passage de l'air, de la solution alcaline, tiennent à ce que nous avons employé diverses solutions alcalines et acides, recherchant celle qui donnerait les meilleurs résultats, avec les manipulations les plus simples et les plus rapides.

TABLEAU

DE QUELQUES RÉSULTATS DE DOSAGE EN ATMOSPHÈRES CONFINÉES

DATES	OBSERVATIONS	Volume en litres	TITRAGE avant	TITRAGE après	Différence	Correspondant à CO^2 °/ooo
1904						
6 Mars...	Laboratoire de Recherches de l'I. A. 2 h. soir.....	5	4.6	0.9	3.7	7.28
1905						
3 Mars...	Labor. de Rech. de l'I. A. 5 pers. au labor. Temp. 16°	13	23.1	13.8	9.3	7.00
4 —	— — — — 14°	5	4.0	1.4	2.6	6.08
4 —	— — — — 17°	2 1/2	4.0	2.7	1.3	6.12
7 —	— — — — 14°	5	4.0	1.8	2.2	4.77
10 —	— — — — 15°	10	5.2	0.9	4.3	4.51
1906						
10 Janvier	Prise d'air effectuée dans la chambre-étuve du Laboratoire de Recherches à l'I. A. chauffage au gaz. Température 25°. Cube d'air 45m³..................	4	12	3.2	8.8	19.85
10 —	*Id.* Mais la porte a été fréquemment ouverte pour le remplissage de l'aspirateur et les titrages. Tre 22°..	4	12	5.5	6.5	15.82
16 —	Grand amphithéâtre de l'I. A. après 1 h. 1/2 de cours. Chauffage au calorifère à eau chaude. La salle n'a pas été aérée entre les cours. 80 personnes présentes dans l'amphithéâtre. Tre 19°. Cube d'air 2010m³.	10	19.2	10.4	8.8	7.42
26 —	Même local, mais à la fin du cours. Le 5e litre d'air est passé pendant la sortie des élèves. L'ouverture des portes a produit un violent courant d'air. Tre 20° au début ; 18°5 à la fin..........................	5	19.2	14.7	4.5	7.59
1er Février	Laborat. de Rech. de l'I. A., le matin vers 9 h. 1/2. Pas de gaz allumé. Chauffage par poêle à feu continu. 5 personnes au laboratoire. Tre 14°. Cube 500m³.....	15	19.2	13.1	6.1	3.40
2 —	Même local, à 3 h. après midi ; quelques Bunsen et une étuve allumée. 5 personnes au laboratoire depuis 9 heures du matin. Tre 17°..................	10	19.2	14.1	5.1	4.30
6 —	Petit amphithéâtre de l'I. A., après 2 heures de cours ; non aéré entre les cours ; 80 élèves présents. Début du 2e cours. Tre 21°. Cube de la salle 500m³....	5	8	4.5	3.5	17.90
6 —	Même local à la fin du 2e cours. Tre 22°...........	5	8	4.3	3.7	19.17
9 —	Laboratoire des élèves à l'I. A., le matin. 12 étuves et 12 bains de sable allumés sous les hottes. Chauffage par calorifère à air chaud neuf. Tre 15°. Cube de la salle 1800m³............................	10	7.8	6.4	1.4	3.43
9 —	Même local pendant la 1re heure de manipulations. Tre 19°. Beaucoup de gaz allumé ; 80 élèves présents.	10	7.7	5.2	2.5	6.33
9 —	Même local à la fin des manipulations. Tre 20°....	10	7.5	1.8	5.7	9.78
19 —	Labor. de Rech. à l'I. A. Puissante grille à combustion allumée ainsi qu'une étuve, tout le temps de l'opération. Tre 21°..........................	15	9.4	4.2	5.2	8.68
22 —	Écurie n° 9 du dépôt de la Cie des Omnibus, rue des Feuillantines, dépôt dit du Panthéon. Prise d'air effectuée au-dessus des chevaux, dans un coin de l'écurie. Tre 19°. Cube d'air 2000m³ environ. Une porte ouverte..............................	5	9.4	6.1	3.3	17.92
22 —	Même local. Prise d'air effectuée à hauteur d'hom., au fond de l'allée de l'écurie entre les deux rangées de chevaux. On vient de donner l'avoine aux chevaux, ce qui a occasionné pas mal d'entrées et sorties. Six chevaux sont sortis de l'écurie entre le 2e et le 4e litre d'air passés. Tre 19°..............................	5	9.4	6.3	3.1	15.46

II

Dosage dans l'Atmosphère libre

Nous n'avons envisagé jusqu'ici que le cas d'une atmosphère confinée, enrichie en acide carbonique par des appareils de chauffage ou d'éclairage et surtout par la respiration de l'homme et des animaux. Les résultats cités plus haut montrent les variations considérables qu'éprouve la teneur en acide carbonique de l'atmosphère de ces locaux. Leur amplitude permet de saisir très facilement ces différences.

Mais il en est tout autrement, lorsqu'on veut étudier et mesurer les variations dans l'air atmosphérique libre. Elles ne sont que rarement supérieures à l'ordre des 1/100000es, et, à moins d'opérer sur un volume d'air considérable, il est difficile de les saisir. Là une détermination approchée ne présente aucun intérêt; une mesure rigoureuse peut seule fournir des résultats qui permettent d'étudier la différence de composition de l'air atmosphérique.

Nous avons pensé qu'entre des mains exercées, la méthode qui vient d'être décrite pouvait donner des résultats suffisamment précis, et nos recherches dans ce sens ont abouti. La simplicité de l'outillage, d'un transport facile, la rapidité et le nombre réduit des manipulations, rendent cette méthode très pratique pour les voyageurs et les explorateurs. Son application permettrait de combler les lacunes encore existantes dans la connaissance de l'atmosphère de certaines régions. Les croisières océanographiques ou scientifiques, les missions dans l'intérieur des terres, rapporteraient, de ce fait, de précieux documents pour la fixation des lois qui régissent la répartition du gaz carbonique dans l'atmosphère terrestre. De plus, aucun obstacle ne s'opposerait à l'utilisation de notre appareil au cours des ascensions aéronautiques.

On conçoit que, pour atteindre ce but, il nous ait fallu,

tout en gardant à la méthode ses éléments essentiels, modifier légèrement le mode opératoire et l'entourer de quelques précautions indispensables pour éviter les causes d'erreur ou d'incertitude.

La première précaution à prendre est de préserver autant que possible la solution alcaline du contact de l'air ambiant. Le volume du bocal que nous avons indiqué pour recevoir cette liqueur, gagnera à être aussi réduit qu'il se pourra, sans pour cela gêner l'opération du titrage. De même, un disque de verre recouvrant le bocal quand on le transporte d'un point à un autre, supprime le contact de l'air ambiant. Pour introduire le liquide alcalin dans le bocal, il faut se servir d'une pipette à deux traits, afin d'obtenir le maximum de précision dans la mesure du volume. Après quoi, on adapte immédiatement l'allonge, préalablement lavée à l'eau privée de gaz carbonique, au bocal et on commence l'aspiration.

Il faut supprimer toute cause d'erreur ou d'incertitude relative dans la lecture des volumes d'air, erreur qui serait d'autant plus considérable que le flacon aspirateur aurait un diamètre plus grand. Pour y remédier, on peut, soit utiliser une pipette en zinc, de volume exactement connu, ou mieux encore, mesurer l'eau écoulée de l'aspirateur, au moyen d'un ballon jaugé.

Les calculs de réduction du volume à 0° et 760mm devront être rigoureusement exécutés ; si l'on emploie un aspirateur en métal, le thermomètre sera passé dans un bouchon obturant la tubulure de remplissage.

A la fin de l'expérience, le lavage de l'allonge doit se faire très rapidement avec de l'eau distillée bouillie, exempte d'acide carbonique. Dès que ce lavage est terminé, on recouvre le bocal d'un disque de verre, pour le porter au titrage.

L'agitation au contact de l'air ambiant, et les gaz respiratoires de l'opérateur risquant de carbonater une partie de la solution, il faut ici se servir pour le titrage d'une burette, conforme au dessin de la figure ci-jointe, dont le tube d'écou-

lement est passé dans un bouchon obturant le col du bocal pendant le titrage. En allongeant le tube de caoutchouc, on pourra agiter le flacon pour mieux saisir l'instant précis du virage.

Comme l'eau employée pour les lavages n'est jamais rigoureusement neutre au bleu CBBBB, nous conseillons de mesurer la quantité qu'on a utilisée, et d'ajouter cette même quantité lors du titrage de la solution alcaline avant passage de l'air.

Toutes les causes d'erreur restant les mêmes, quel que soit le volume d'air sur lequel on a opéré, il y a grand avantage, pour les déterminations dans l'air atmosphériques, à opérer sur 20 litres d'air. L'erreur, déjà très faible, si on a soin d'employer toutes les précautions que nous recommandons, est ainsi réduite d'autant.

Les calculs s'opèrent de la même façon que dans le cas des atmosphères confinées. Le tableau ci-contre donne des résultats obtenus successivement en 1904, 1905 et 1906 :

RÉSULTATS DE DOSAGE DE L'ACIDE CARBONIQUE DANS L'ATMOSPHÈRE LIBRE

Toutes ces prises d'air ont été effectuées dans le jardin de l'Institut National Agronomique

DATE	HEURE	ETAT DU CIEL ET OBSERVATIONS	Volume apparent	Volume réel	TITRAGE avant	TITRAGE après	Différence	CO^2 °/₀₀
1904								
16 Février	3^h soir	Non observé..............................	10	Non calculé	4.6	1.3	3.3	3.24
1905								
8 Février	matin	Non observé..............................	22	—	11.0	4.0	7.0	3.10
9 —	—	Non observé..............................	20	—	11.0	4.0	7.0	3.04
9 —	soir	Non observé..............................	20	—	11.0	5.0	6.0	3.00
10 —	—	Non observé..............................	24	—	11.0	4.1	6.9	2.95
1906								
8 Février	10^h matin	Temps brumeux. Vent assez fort............	10	9.419	7.8	6.5	1.3	3.05
8 —	2^h soir	— Vent plus fort............	10	9.113	7.9	6.7	1.2	2.91
8 —	3^h soir	— —	10	9.738	7.9	6.6	1.3	2.95
9 —	9^h30 mat.	Temps clair ; quelques nuages ; neige le matin.	10	9.006	7.8	6.5	1.3	3.19
12 —	10^h matin	Temps couvert. Pas de vent	10	8.869	7.9	6.7	1.2	2.99
12 —	2^h soir	— —	15	13.349	8.4	6.6	1.8	2.98
12 —	3^h15 soir	— — Pluie légère......	10	8.869	7.6	6.4	1.2	2.99
13 —	9^h45 mat.	— —	10	9.419	8.7	7.4	1.3	3.20
13 —	10^h50 m.	— —	10	9.382	9.15	7.75	1.35	3.18
13 —	2^h soir	— —	10	9.323	9.25	7.9	1.35	3.20
13 —	3^h15 mat.	— —	10	9.352	9.25	7.9	1.35	3.19
14 —	9^h15 mat.	Temps très couvert. Très peu de vent	10	9.074	9.40	8.1	1.30	3.18
14 —	10^h15 m.	— —	10	9.358	9.7	8.4	1.30	3.07
14 —	2^h45 soir	— —	17	15.578	9.25	7.1	2.15	3.05
16 —	1^h45 soir	— Pas de vent. Pluie.......	21	19.293	9.25	6.5	2.75	3.15
16 —	3^h50 soir	Temps très couvert ; pluie ; vent léger vers 4 h.	21	19.250	9.4	6.9	2.5	2.87

Les chiffres que nous avons obtenus par ce nouveau procédé, concordent avec ceux qui ont été obtenus autrefois pour l'atmosphère de Paris, par les procédés très précis, mais très longs et très délicats, de MM. Müntz et Aubin. Ces derniers, pour obtenir des dosages d'une certitude parfaite, avaient dû opérer sur des volumes d'air de 300 litres, Nous voyons qu'avec un volume beaucoup plus réduit, et une méthode d'une application rapide et facile, nous arrivons à des résultats tout aussi certains.

Nous croyons donc que les personnes qui s'y seraient préalablement fait la main, tireraient de ce procédé des indications tout à fait sûres pour déterminer les variations que peut subir la composition de l'air atmosphérique sous l'influence des conditions naturelles.

LEVURES ET KYSTES

DES GLŒOSPORIUM

PAR

P. VIALA ET **P. PACOTTET**

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE
D'AGRICULTURE
DOCTEUR ÈS SCIENCES
INSPECTEUR GÉNÉRAL DE LA VITICULTURE
PROFESSEUR ET DIRECTEUR
DE LA STATION DES RECHERCHES VITICOLES
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

INGÉNIEUR AGRONOME
MAITRE DE CONFÉRENCES DE VITICULTURE
A L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE
DE GRIGNON
CHEF DES TRAVAUX DE LA STATION
DES RECHERCHES VITICOLES
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

I. — INTRODUCTION

Nos études sur l'Anthracnose de la Vigne (*Manginia ampelina*, Viala et Pacottet, ou *Glœosporium ampelophagum* Saccardo), poursuivies dans le vignoble ou dans le laboratoire par cultures artificielles, ont apporté, au point de vue mycologique, des données nouvelles sur la variation et la filiation des formes de reproduction, sur les levures sauvages et sur leur origine (1).

Nos observations demandaient à être vérifiées sur des espèces de Champignons analogues au *Glœosporium* qui produit l'Anthracnose de la Vigne (*Manginia ampelina*). Nous

(1) Sur la culture et le développement du Champignon de l'Anthracnose de la vigne (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 4 juillet 1904). — Anthracnose I. Sur la culture et le développement de l'Anthracnose (Mémoire avec 2 planches et 9 figures. *Revue de Viticulture*. Tome XXII). — Nouvelles recherches sur l'Anthracnose de la vigne. II : Levures, kystes, formes de reproduction et de conservation du *Manginia ampelina* (Mémoire de 69 pages avec 85 figures dans le texte et 7 planches hors texte, 24 septembre 1905, et *Revue de Viticulture*, 1905-1906.)

avons étendu ces études à quelques autres formes de *Glœosporium* et à des Champignons voisins, tels les *Ascochyta*, qui produisent sur les plantes des altérations tout au moins comparables par les caractères externes. Nous avons dû limiter, pour l'instant, ces recherches toujours très longues et très délicates, à une espèce d'Anthracnose du Platane, plante ligneuse, le *Glœosporium nervisequum* (Fuckel) Saccardo et à une Anthracnose d'une plante herbacée, du Pois, l'*Ascochyta Pisi* Lib., celle-ci choisie surtout parce qu'elle est assez semblable, par les caractères pathologiques, aux *Glœosporium*, et parce qu'elle en est différente par les caractères mycologiques.

Nous laissons à d'autres le soin de vérifier, sur les nombreuses espèces de *Glœosporium*, si les phénomènes, observés pour les Anthracnoses de la Vigne et du Platane, se maintiennent semblables à ceux constatés pour les *G. ampelophagum* (*Manginia ampelina*) et *G. nervisequum*, le soin surtout de rechercher si les kystes et les levures constituent un phénomène général pour ces Champignons, comme semble l'indiquer notre étude de ces deux espèces.

La question présente d'autant plus d'intérêt que de ces observations pourrait, comme nous l'avons dit, résulter une interprétation nouvelle sur l'origine des levures, tout au moins des levures sauvages, et des arguments sur la possibilité d'arriver, par des méthodes analogues, au retour mycélien des levures cultivées. Les essais de cet ordre, à résultats sans doute encore hypothétiques, sont actuellement en cours dans notre laboratoire.

Nos recherches sur l'Anthracnose de la Vigne, en milieux artificiels variés, nous avaient révélé un polymorphisme d'organes de reproduction inconnu pour ce parasite aussi bien que pour les autres *Glœosporium*. Nous les rappellerons en quelques mots, en notant que des observations successives, poursuivies pendant plusieurs années dans le vignoble, nous ont permis de retrouver toutes ces formes

de reproduction dans la nature, soit sur les chancres des sarments, soit sur les fruits anthracnosés.

Le *G. ampelophagum* (ou *Manginia ampelina*), cause de l'Anthracnose de la Vigne, n'était connu, comme organe de reproduction, que par un stroma conidifère à stérigmates porteurs de petites conidies. Cette forme conidifère se retrouve dans les cultures artificielles où elle pousse aux dépens de sclérotes préalablement organisés. Ces sclérotes existent sur les vignes, dans les vieux chancres, et donnent aussi, au printemps, des conidiophores.

Dans les cultures, et rarement dans le vignoble, à la fin de l'automne, les formes de reproduction les plus fréquentes sont des conceptacles de deux types, tous à membrane délicate pourvue d'une ostiole, produisant à l'intérieur, à l'extrémité de fines basides qui tapissent la paroi, de nombreuses spores. Les conceptacles les plus nombreux ont leurs spores absolument semblables aux conidies ordinaires, ce sont les spermogonies; les autres ont des spores plus grosses, plus rondes, ce sont les pycnides; rarement, on trouve une seconde forme de conidiophores à spores en tout semblables à celles des pycnides. Spermogonies et pycnides ne sont en somme que des conidiophores agglomérés et s'entourant d'une membrane plus ou moins complète. Certaines spermogonies, par exemple, sont si largement ouvertes que la membrane n'existe que vers leur base.

Ainsi, les organes les plus fréquents, et nous en avons démontré la filiation et les rapports, sont : *sclérotes* divers, *conidiophores, macroconidiophores, spermogonies, pycnides, chlamydospores.*

Parmi les organes de reproduction les plus importants des Champignons, nous n'avons pas encore observé pour le *Glœosporium* de la Vigne la forme à périthèces. C'est pour nous trouver dans des conditions telles, au point de vue de la question levures, que l'argument de l'absence de périthèces ne pût pas être invoqué, que nous avons entrepris l'étude du

Glœosporium du Platane dont la forme à périthèces est connue et a été expérimentalement rapportée à la forme conidifère.

Klebahn, dans un travail récent (1), postérieur aux premières observations que nous avons publiées sur le *G. nervisequum*, a confirmé nos premières données de culture et, ce qui nous intéresse surtout, a démontré nettement les rapports de la forme périthèce avec les autres formes de reproduction.

Outre ces formes de reproduction, généralement connues, que nous venons d'énumérer pour le *Glœosporium* de la Vigne, nous avons obtenu, décrit et figuré pour cette espèce, des formes qui nous intéressent plus spécialement pour le Mémoire actuel : ce sont les *kystes* et les *levures*. Nous ne reviendrons pas sur les détails nombreux et les preuves expérimentales que nous avons données pour démontrer que *kystes* et *levures* dérivent bien des autres organes de reproduction et que ces kystes et levures pouvaient être ramenés aux formes à conidies, à spermogonies ou à pycnides.

Les kystes du *Glœosporium* de la Vigne sont unisporés ou plurisporés, à spores endogènes, comme nous l'a démontré l'étude des noyaux; ils sont à membrane lisse. Ces spores endogènes germent, suivant les milieux, en tubes mycéliens, ou, dans les milieux sucrés, en tubes très variqueux, rappelant l'aspect des levures hautes et se transformant bientôt en levures. Ces levures du *Glœosporium* de la Vigne, obtenues en cultures successives, sur milieux sucrés, aux dépens du mycélium conidien par exemple, bourgeonnent comme des levures ordinaires et se reproduisent ensuite par bourgeonnements successifs; elles appartiennent aux types des levures sauvages apiculées ou ellipsoïdes, mais plutôt avec caractères des levures apiculées. Elles donnent jusqu'à 1 et 1 1/2 °/₀ d'alcool.

A côté de la *cellule bourgeonnante*, nous avons observé

(1) Untersuchungen über einige Fungi imperfecti und die zugehörigen Ascomycetenformen (Leipzig, 1905).

des *cellules géantes* et des *cellules durables* et, enfin, fait plus important au point de vue physiologique et morphologique, nous avons obtenu, sur milieux appropriés, les spores endogènes (*ascospores*) de ces levures dans les mêmes conditions où se produisent les spores endogènes des levures industrielles les plus actives au point de vue de la fermentation alcoolique.

Cette sporulation pourrait être considérée comme l'analogue, dans les *Glœosporium*, des périthèces d'autres Champignons appartenant, comme eux, aux groupes des Ascomycètes. Mais l'existence des périthèces dans le *Glœosporium nervisequum*, que nous allons étudier, est une preuve du contraire ; et on peut se demander, à la suite de nos recherches, si les ascospores des levures vraies ne sont pas seulement des cas d'enkystement, dans lesquels les phénomènes plus ou moins supposés ou démontrés de la fécondation, par fusion préalable du noyau, seraient ou fort douteux ou interprétés dans un sens inexact.

II. — GLŒOSPORIUM NERVISEQUUM

Nous avons isolé et cultivé le *Glœosporium nervisequum* (Saccardo), cause de l'Anthracnose du Platane, par les mêmes méthodes et dans les même conditions de milieu que le *Glœosporium* de la Vigne (*Manginia ampelina).*

La Maladie du Platane a été étudiée, depuis longtemps, par divers auteurs (1), et tout récemment, comme nous le disions, Klebahn a publié un Mémoire complet sur ce parasite qui confirmait nos observations et indirectement nos recherches sur l'Anthracnose de la Vigne. Ses études, faites dans un but différent du nôtre, n'ont été sans doute ni assez poursuivies ni assez variées pour qu'il ait pu constater les kystes et les levures sur lesquelles son attention n'était pas appelée.

La Maladie du Platane attaque surtout les feuilles et aussi les rameaux vers la fin du printemps et pendant tout l'été, en pénétrant les tissus et en les rongeant comme le font la plupart des *Glœosporium ;* mais, sur les feuilles du platane le *G. nervisequum* n'est pas limité comme celui de l'Antracnose de la Vigne et il se diffuse beaucoup plus rapidement par les nervures. Il fait tomber prématurément les feuilles ; il creuse et noircit les rameaux et, dans les deux cas, de nombreuses pustules brunes se multiplient sur les tissus

(1) H. Klebahn : Untersuchungen über einige Fungi imperfecti und die zugehörigen Ascomycetenformen (Jahrbuch, fur vissenchaft. Botanik. Band XLI, Heft 4, Leipzig, 1905, p. p. 515-560). — E. Prillieux : Maladies des plantes, (T. II, p. 320.) — J. Beauverie : Annales de la Société botanique de Lyon 1901, et Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 22 juillet 1903. — Leclerc du Sablon : Revue générale de botanique, (IV, 1892). — Max. Cornu : Journal de botanique, 1887. — Henri : Revue des Eaux et Forêts, 1887. — Tulasne : Selecta Fungorum Carpologia. III. — Saccardo : Sylloge Fungorum, III. — Massee : A Text-Book of Plant Diseases, 1899. — Mss.-E.-A. Southworth : Journal of Mycology, V, 1889. — F.-V. Tavel : Botanische Zeitung, 1886. — Halsted : Garden and Forest, 1890. — Frank : Krankheiten der Pflanzen, II, p. 373. — Comes : Crittogamia agraria, (1881, p. 424.) — Sorauer : Pflanzenkrankheiten, (II, p. 424.) — Fuckel : Symbol. mycolog.. p. 396 ; etc.;

altérés en prenant, en leur centre, une teinte rosée analogue à celles des jeunes taches de l'Anthracnose de la Vigne.

Ces pustules (fig. 1) sont le plus souvent des stroma coni-

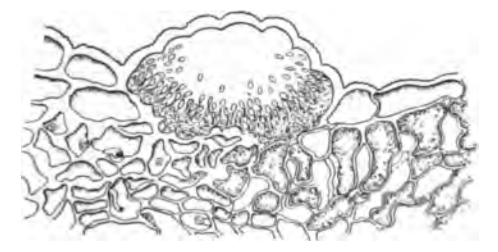


Fig. 1. — Coupe d'une pustule conidifère du *Glœosporium nervisequum* sur feuille de platane (d'après H. Klebahn, G = 260/1).

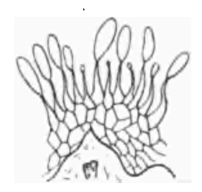


Fig. 2. — Stroma conidifère avec basides et conidies du *Glœosporium nervisequum* (d'après H. Klebahn, G = 600/1).

difères (décrits par divers auteurs), à fines basides (fig. 2) portant des spores ovoïdes, petites (9 à 13 μ sur 4 à 5 μ), à contenu le plus souvent homogène, et ayant rarement les

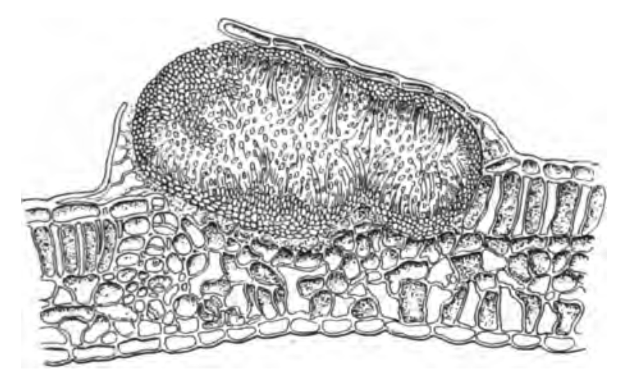
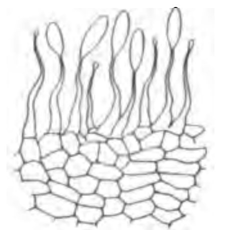


Fig. 3. — Coupe d'un conceptacle du *Sporonema Platani*, forme spermogonique du *Glœosporium nervisequum*, sur une feuille de platane (d'après H. Klebahn, G = 160/1).

points réfringents qui sont si caractéristiques, chez les spermaties et les conidies, du *Manginia ampelina*. Ce stroma est en cupules (fig. 1) plus ou moins ouvertes, parfois presque entièrement fermées. On trouve, pour le parasite du

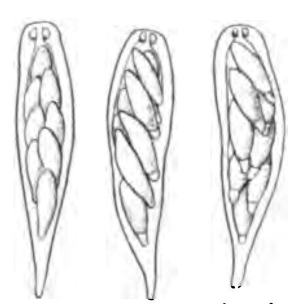
platane et dans la nature, un passage très net des stroma conidifères aux conceptacles fermés.

Klebahn, en cultivant divers parasites du platane décrits comme des espèces différentes, a obtenu la même forme sur le même milieu, et a prouvé que le *Sporonema Platani*, à conceptacles fermés bien nets (fig. 3 et 4), était identique au *Glœosporium nervisequum* ou au *Discula Platani* à stroma conidifères en cupules plus ou moins fermées (1).


Fig. 4. — Stroma avec basides et spores du *S. Platani* de la fig. 3 (d'après H. Klebahn, G = 600/1).

Klebahn, en outre, a décrit la forme à périthèces (fig. 6) de l'Anthracnose du Platane, le *Gnomonia Veneta*, considérée jadis comme un type différent du *Glœosporium nervisequum*, dont ce *Gnomonia* est simplement la forme parfaite de reproduction.

La figure 6 représente, d'après Klebahn, les périthèces du *Gnomonia Veneta* observés sur une feuille de platane. Ces périthèces sont sphériques, immergés dans le tissu de la feuille et surmontés d'un col très allongé qui émerge. La cavité, sur la face opposée au col, est tapissée d'asques (fig. 5) peu allongées, sans para-


Fig. 5. — Asques du périthèce du *G. Veneta* (d'après H. Klebahn, G = 680/1).

(1) Les ensemencements sur milieux artificiels et les infections directes ont permis à Klebahn d'identifier les divers Champignons suivants du platane, considérés, jusqu'alors, comme des entités différentes :
Gnomonia Veneta (Sacc. et Speg.) Klebahn. — *Læstadia Veneta* Saccardo et Spegazzini. — *Aspiospora Veneta* Saccardo. — *Glœosporium nervisequum* (Fuckel) Saccardo. — *Fusarium nervisequum* Fuckel. — *Hymenula Platani* Léveillé. — *Glœosporium Platani* (Mont.) Oudemans. — *Fusarium Platani* Montagne. — *Glœosporium valsoideum* Saccardo. — *Myxosporium valsoideum* (Sacc.) Allescher. — *Hymenula ramulorum* Passerini. — *Discula Platani* (Peck) Saccardo. — *Discella Platani* Peck. — *Discella Platani* Oudemans. — *Sporonema Platani* Bäumler. — *Fusicoccum veronense* Massalongo.

physes, renfermant chacune huit spores, un peu irrégulières de contour, subpiriformes, avec petite cellule formant bouton à une de leur extrémité (fig. 7).

En ensemençant ces spores, Klebahn a obtenu, comme avec les conidies du *Glœosporium nervisequum*, les mêmes formes conidifères, et, avec ces mêmes formes conidifères, de deux origines différentes, il a reproduit la maladie, en ensemençant des feuilles de platanes, et il est même revenu aux périthèces du *Gnomonia Veneta*.

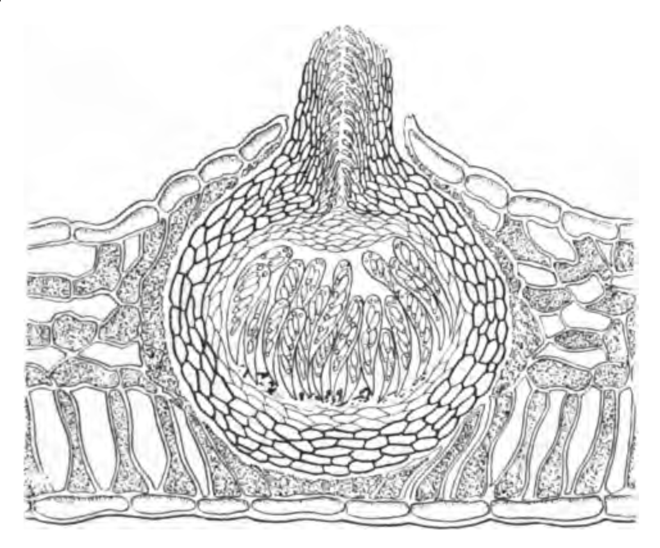


Fig. 6. — Coupe d'un périthèce de *Gnomonia Veneta*, forme à périthèces (asques) du *Glœosporium nervisequum*; ce périthèce est noyé dans les tissus d'une feuille de platane, avec son long col, et les asques insérées sur le fond (d'après H. Klebahn. G = 250/1).

Nous retiendrons de ces faits l'existence réelle, nettement démontrée, des périthèces du *Glœosporium nervisequum*. Rappelons aussi qu'en dehors de ces périthèces, Klebahn et d'autres auteurs ont constaté, comme autres formes de reproduction dans la nature, les stroma conidifères et une forme de conceptacles à spores semblables aux conidies des stroma.

En isolant et en cultivant le *Glœosporium* du Platane, sur les mêmes milieux, par les mêmes méthodes qui nous avaient servi pour le *Glœosporium* de la Vigne, nous avons observé, comme pour ce dernier, des *spermogonies* à spores semblables à celles des *stroma conidifères* de la nature. Nous avons obtenu aussi des *conidiophores* à spores encore identiques ; puis nos cultures nous ont donné des conceptacles à spores plus grosses que les spermaties (*pycnides*).

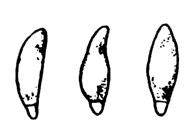


Fig. 7. — Spores des asques du périthèce du *G. Veneta* (d'après H. Klebahn. G = 680/1).

Dans les milieux sucrés, le mycélium très cloisonné a donné progressivement des *levures ;* celles-ci, après bourgeonnements et sur des milieux appropriés, ont donné des *cellules durables.*



Fig. 8. — Trame mycélienne, à houppes conidifères, du *Glœosporium nervisequum*, en culture sur premier milieu gélosé à base de jus de feuille de platane (grandeur naturelle).

Au début de la fragmentation mycélienne, ou au moment du retour des levures au mycélium, se produisent d'énormes *cellules géantes*. Enfin, les levures encore actives et bourgeonnantes, transportées sur plâtre, ou en milieu épuisé, se sont transformées en *ascopores (spores endogènes)*. De même

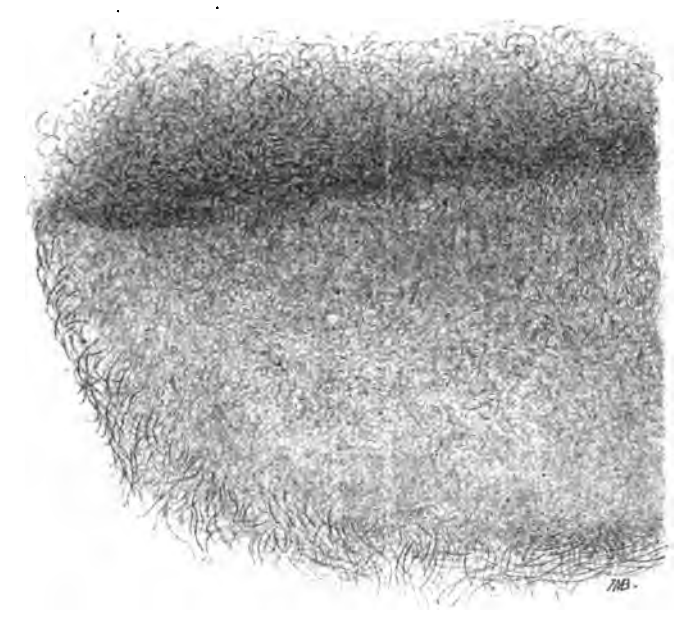


Fig. 9. — Partie de la trame mycélienne de la fig. 8, à stroma sclérotique parsemé de houppes conidifères; la zone foncée est constituée par une lame dense sclérotique.

que pour le *Glœosporium* de la Vigne, nous avons observé, dans des milieux bien déterminés, des *kystes* à spores endogènes.

Les phénomènes évolutifs ont donc été identiques pour les deux espèces, mais les caractères individuels de ces divers organes présentent des particularités morphologiques que leur étude précisera.

Nous avons indiqué, dans notre Mémoire sur l'Anthracnose de la Vigne, l'influence prépondérante qu'avait le plus souvent, sinon toujours, la nature des milieux sur la produc-

tion de ces diverses formes. Il en est ainsi pour le *Glœosporium* du Platane. Les deux *Glœosporium* sont influencés de même façon par les mêmes milieux.

Conidiophores. — L'ensemencement du *G. nervisequum* dans les milieux primaires (Voir Mémoire I de l'Anthracnose : boîtes gélosées à base de jus de platane ou milieux ultérieurs, après fixation, en culture pure, du parasite), donne une trame légère qui s'étend progressivement en surface autour du point primitif d'ensemencement ; elle forme définitivement (fig. 8) un gazon dense, mamelonné, couvert de houppes serrées (fig. 9). Celles-ci sont constituées par les conidiophores développés sur un stroma sclérotique, dense et serré, composé de filaments enchevêtrés, assez variqueux, un peu brunis, qui ont succédé à de fins filaments hyalins primitifs, de calibre régulier.

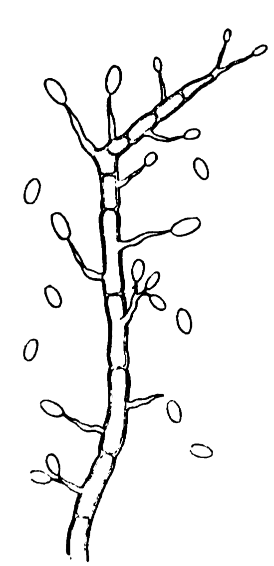


Fig. 10. — Filament conidifère du *Glœosporium nervisequum*, en culture artificielle, avec spores et stérigmates (G = 400/1).

Ces conidiophores diffèrent un peu de ceux que nous avons signalés pour les *Glœosporium* de la Vigne. Ils sont du reste semblables à ceux obtenus par Klebahn en milieux artificiels. Le stroma conidifère des houppes est moins dense que sur les feuilles du platane (fig. 2). Les conidiophores mycéliens sont lâches, disjoints et les conidies se forment sur tout le parcours libre des filaments composants les houppes des gazons (fig. 10). Le tube mycélien fructifère, assez cloisonné, émet sur son pourtour, à des distances variées, des basides, fines ramifications en communication avec le tube, qui s'amincissent en pointe et portent le plus souvent une seule conidie. Parfois, mais rarement, la ramification se subdivise à son

sommet en deux ou trois basides ayant une spore chacune.

Ces conidies sont ovoïdes, allongées, irrégulières, à contenu hyalin et homogène, sans point réfringent, identiques en somme à celles des stroma conidifères des feuilles et des rameaux des platanes anthracnosés. Nous n'avons pas encore trouvé, comme pour la vigne, de macroconidiophores développés aux dépens des sclérotes denses de certaines cultures.

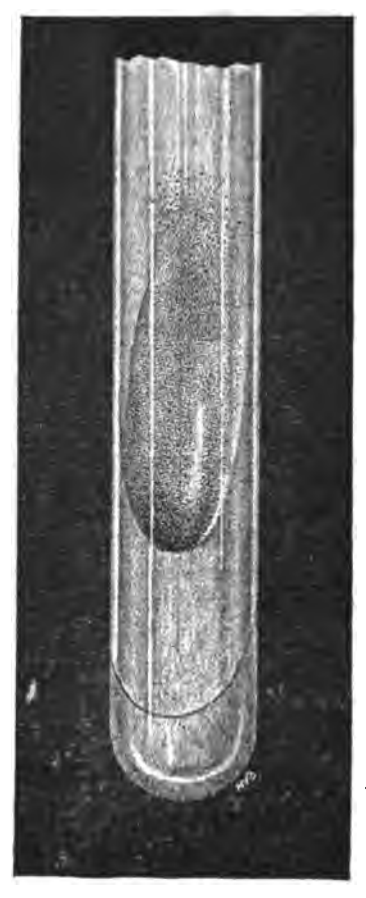


Fig. 11. — Conceptacles-spermogonies du *Glœosporium nervisequum*, sur haricot gélosé en tube, figurés par les petits points noirs (grandeur naturelle).

Spermogonies. — Les conceptacles-spermogonies sont pour le *G. nervisequum*, comme pour le *Glœosporium* de la Vigne, les organes le plus fréquemment obtenus en cultures artificielles, surtout lorsque le milieu solide ou liquide est peu ou pas acide. Ces conceptacles se forment très rapidement, au bout de deux ou trois jours, à une température de 25°; ils apparaissent sous forme de petits points, roux brunâtres, très serrés, à orientation régulière (fig. 11), surtout sur les grandes boîtes plates de culture où ils forment des cercles régulièrement concentriques, à rayons d'autant plus grands qu'ils sont plus écartés du point primitif d'ensemencement. Les cercles de ponctuations sont cependant un peu inégalement distants, comme s'il se produisait des

poussées successives de fructifications. Ce phénomène est d'ailleurs commun à beaucoup de Champignons cultivés artificiellement sur milieu solide. Le développement de ces conceptacles est identique, dans son évolution, à celui du *Glœosporium* de la Vigne, nous n'y reviendrons pas.



Fig. 12. — Conceptacles-spermogonies du *G. nervisequum*, provenant d'une culture en milieu artificiel (G = 40/1).

Ce sont, lorsqu'ils sont définitivement formés (fig. 12 et 13), des sphères plus ou moins régulières (210 μ à 280 μ), à membrane composée de deux ou trois couches de cellules aplaties, d'un brun assez foncé, portant le plus fréquemment une seule ostiole, ouverture sessile, un peu en rebord sur une partie de la paroi. Comme pour l'Anthracnose de la Vigne, quelques grosses spermogonies ont deux, trois, jusqu'à quatre et même cinq ostioles. On observe aussi, pour elles, quelques cas de monstruosités par déformation ou allongement de certaines parties ou encore par replis internes de la membrane. L'intérieur est tapissé par de fines basides, semblables à celles des conidiophores des cultures, mais plus courtes, très serrées et très nombreuses, portant à leur sommet des spores ou spermaties ovoïdes semblables aux conidies ordinaires (fig. 14). Quelques-unes de ces spores présentent, mais bien rarement, deux points réfringents. Leur nombre par conceptacle est considérable et, lorsqu'un grand nombre de fruits se vident, leurs spores donnent à l'ensemble de la masse un aspect rosé. La germination des conidies (nature ou culture) ou des spermaties ne présente rien de particulier. Elles émettent par une partie quelconque de leurs parois, le plus souvent par un de leurs pôles, un tube qui s'effile bientôt en un fin mycélium variqueux assez peu cloisonné.

Pycnides. — Dans les trames épaisses des vieilles cultures, sur lait gélosé par exemple, après une poussée active de spermogonies, la lame mycélienne, dense et épaisse, devenue noir foncé, produit d'autres pustules qui sont des pycnides. Ces pycnides (fig. 15), presque toujours à une

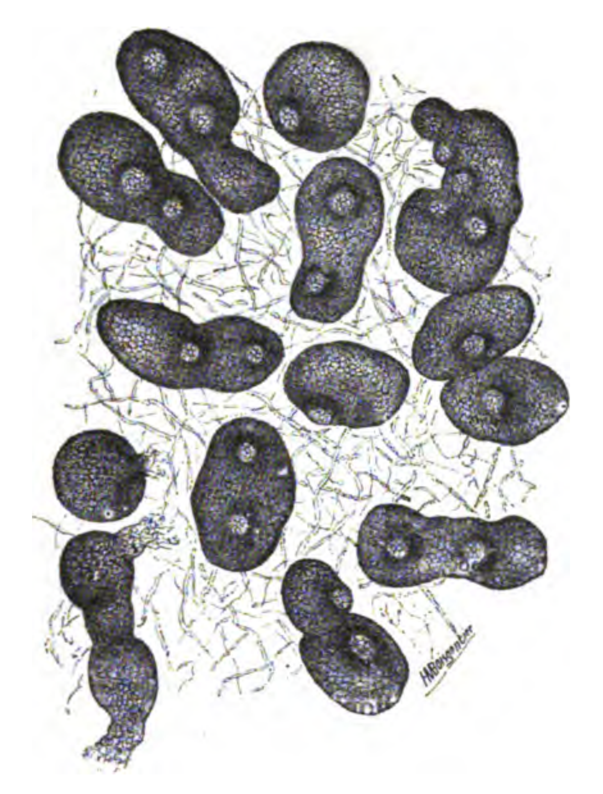


Fig. 13. — Spermogonies du *G. nervisequum* montrant la membrane pluricellulaire (G := 100/1).

seule ostiole, rarement à deux ou trois, ont une membrane pluricellulaire, noir foncé, épaisse, comme crustacée et cassante. L'ouverture de l'ostiole tranche beaucoup par sa teinte claire sur le fond très noir. Les pycnides sont immergées dans une lame épaisse de filaments mycéliens denses, sou-

vent soudés en sclérotes sur lesquels elles émergent. L'organisation interne de ces pycnides, qui mesurent 250 à 300 μ, est identique à celle des spermogonies. Les basides qui tapissent les parois internes portent des spores plus grosses, plus renflées, subovoïdes, à contenu homogène. Ces spores (fig. 16), ou stylospores, mesurent 8 μ sur 4 μ. Comme avec

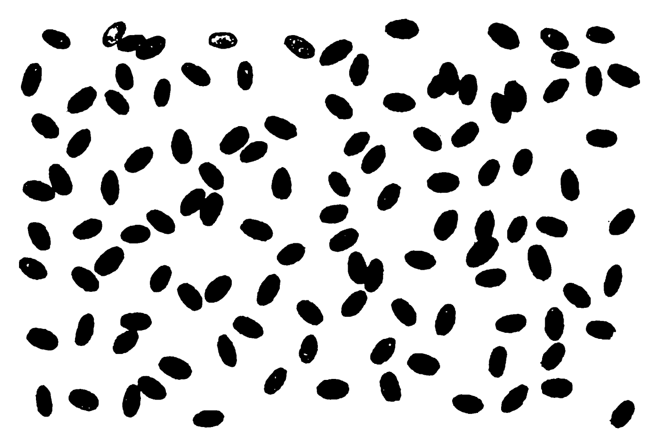


Fig. 14. — Spores-spermaties des spermogonies des cultures (fig. 12) du *G. nervisequum*, identiques aux spores des fig. 2 et 4. (G = 500/1).

l'Anthracnose de la Vigne on obtient, à volonté, — suivant le milieu physique ou chimique des cultures, — pycnides, spermogonies, ou conidiophores.

Kystes. — Nous avons étudié, dans notre Mémoire sur l'Anthracnose de la Vigne, l'évolution des Kystes du *Glœosporium ampelophagum* (*Manginia ampelina*), leur développement, et les milieux dans lesquels ils se produisent. Les phénomènes sont identiques pour les kystes du *G. nervisequum*. Il se forme une masse mycélienne qui, après une première poussée de spermogonies, noircit et s'épaissit. Le mycélium se cloisonne de plus en plus et prend une teinte fuligineuse foncée. Il augmente de diamètre en divers

points ; certains articles se renflent et sont l'origine des kystes (fig. 17).

Pour le *G. nervisequum*, comme pour celui de la vigne, les kystes sont ou monosporés ou plurisporés, à spores endogènes. Les monosporés sont très rares ; les polysporés, à nombre de spores variant entre deux et huit, sont les plus nombreux.

Ces kystes sont analogues à ceux du *Glœosporium* de la

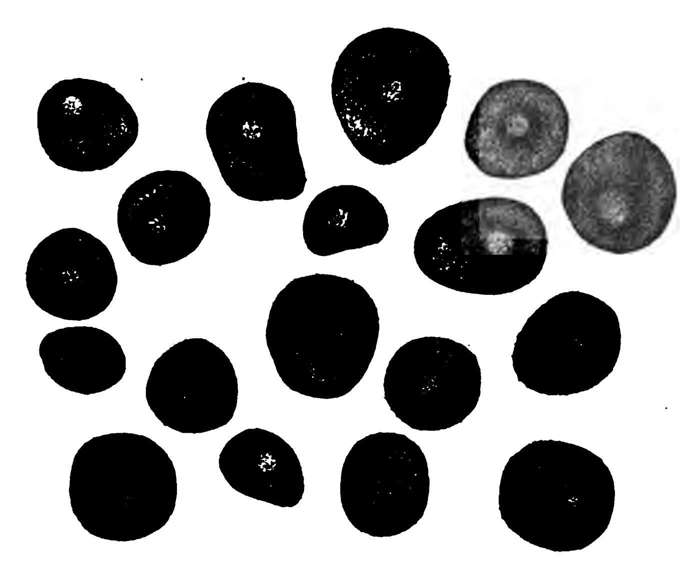


Fig. 15. — Conceptacles-pycnides du *G. nervisequum*, produits sur lait gélosé (G = 60/1).

Vigne, mais ils s'en distinguent cependant en ce que, de dimensions très irrégulières comme lui, leur membrane est plus épaisse, plus foncée, moins comprimée au niveau des spores endogènes. Cette membrane (fig. 18 et 19) a un caractère très nettement spécifique pour le *Glœosporium* du Platane. Elle est comme craquelée, rugueuse à la surface ; celle du *Glœosporium* de la Vigne n'est pas ornementée, elle est lisse.

Les kystes ont des dimensions variables, de 15 μ à 40 μ. Ils émettent leurs spores par éclatement de leur membrane

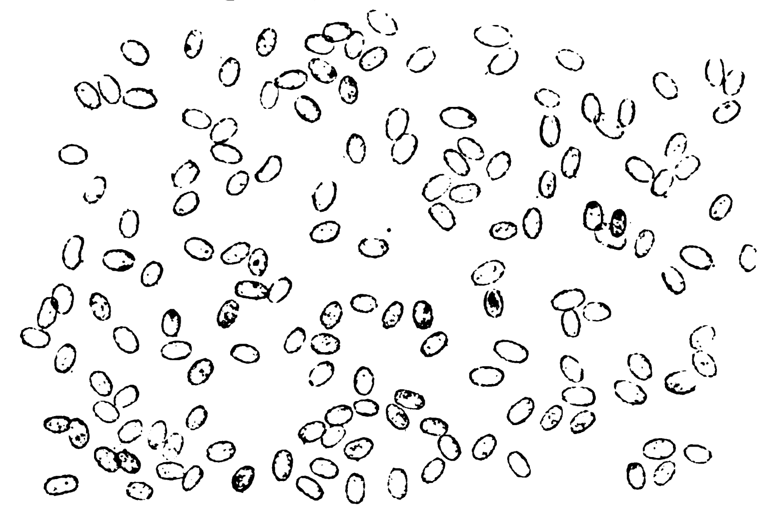


Fig. 16. — Spores-stylospores des conceptacles-pycnides de la fig. 15 (G = 500/1).

cassante. Ces spores (fig. 20) sont sphériques, ovoïdes, moins allongées que celles du *Glœosporium* de la Vigne, légèrement

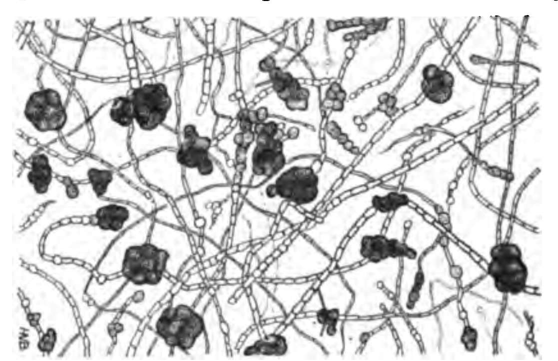


Fig. 17. — Trame mycélienne du *Glœosporium nervisequum* avec kystes (bouillons de riz ou de carotte acidifiés) (G = 150/1).

fuligineuses, à contour homogène, parfois incolores, à membrane propre, nettement distincte. Elles mesurent 8 à 10 μ

de long. Ces spores germent, souvent et directement, en tubes mycéliens, et, dans les milieux sucrés, en tubes très variqueux qui bientôt se fragmentent en levures.

Ainsi que nous l'avons dit pour le *Glæosporium* de la

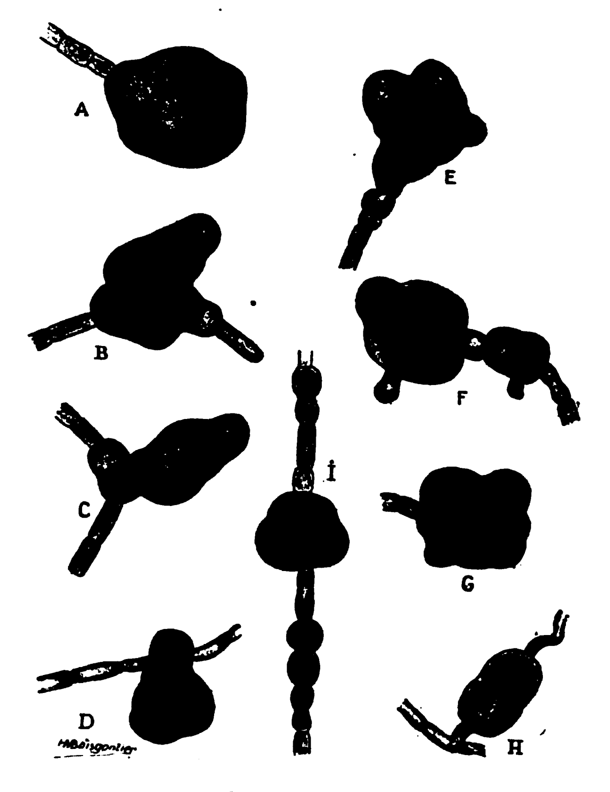


Fig. 18.— Gros kystes polysporés du *Glæosporium nervisequum* (G = 500/1); *A* : Kyste à 5 spores endogènes; *B* : Kyste à 7 spores; *C* : Kyste à 4 spores; *D* : Kyste à 3 spores; *E* : Kyste à 8 spores; *F* : Kyste à 4 spores, vu de côté; *G* : Kyste à 6 spores; *H* : Kyste à 2 spores à membrane encore transparente; *I* : Kyste mûr à membrane granuleuse.

vigne, les kystes nous paraissent être des organes de reproduction se produisant dans les milieux défavorables à une végétation normale du Champignon, et défavorable tant par épuisement du milieu que par mauvaises conditions phy-

siques ou chimiques de celui-ci. Nous rappellerons à nouveau que, pour la vigne, l'on observe ces kystes dans la nature, seulement à la chute des feuilles et à l'automne. Les kystes nous paraissent être les organes de reproduction les plus résistants, plus résistants même que les périthèces. Nous verrons si ce n'est pas par cette forme kystique que peut se produire la transition des Champignons levurables aux levures sauvages.



Fig. 19. — Kyste mûr très grossi (800/1) pour montrer l'aspect rugueux et ornementé de la membrane.

Levures. — L'évolution, en milieux sucrés, du *Glœosporium* du Platane vers la fragmentation en articles, qui se séparent et bourgeonnent, se produit avec le même processus que nous avons décrit pour le *Glœosporium* de la Vigne.

Une fois cette fragmentation obtenue, si l'on continue les ensemencements en les renouvelant souvent dans les liquides sucrés (saccharose ou glucose) et en les rajeunissant fréquemment, la forme levure



Fig. 20. — Kystes éclatés d'où sortent les spores endogènes (G = 550/1).

bourgeonnante (fig. 21) se fixe peu à peu et se maintient. Pour le *Glœosporium* du Platane, l'évolution vers la forme levure est plus rapide encore que pour le *Glœosporium* de la Vigne.

En pleine végétation, les levures du *G. nervisequum* mesurent 9 μ sur 7 μ. On trouve des variations de

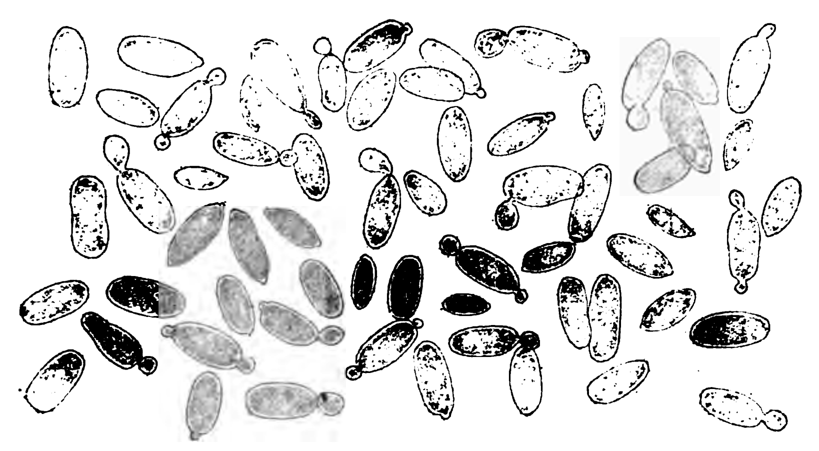


Fig. 21. — Levures du *Glœosporium nervisequum* (G = 1000/1).

dimensions assez grandes allant de 12 à 8 μ sur 7 à 4 μ, surtout au début ou à la fin d'une culture. Les formes normales les plus fréquentes sont plus ellipsoïdes que celles des levures du *Glœosporium* de la Vigne et moins apiculées. Elles sont plutôt ellipsoïdes cylindriques (fig. 21). Leur contenu est homogène, sans vacuoles; elles sont grumeuses au début de l'apparition de la forme bourgeonnante, et un peu grumeuses au moment du bourgeonnement.

Fig. 22. — Cellules géantes et levures du *G. nervisequum* (G = 500/1).

La membrane est nettement visible, surtout dans les cellules les plus grumeuses. Le bourgeonnement se produit

toujours vers les pôles; le plus souvent sur un seul, mais assez fréquemment sur les deux. Par exception, on voit deux petits bourgeons se produire sur le pôle le plus large au voisinage l'un de l'autre. Ce sont de petits boutons bien sphériques qui grossissent peu à peu et séparent toujours une cellule fille avant qu'elle ait les dimensions de la cellule mère. Quelquefois cependant, la cellule fille grossit et bourgeonne avant de se séparer de la cellule mère et donne alors

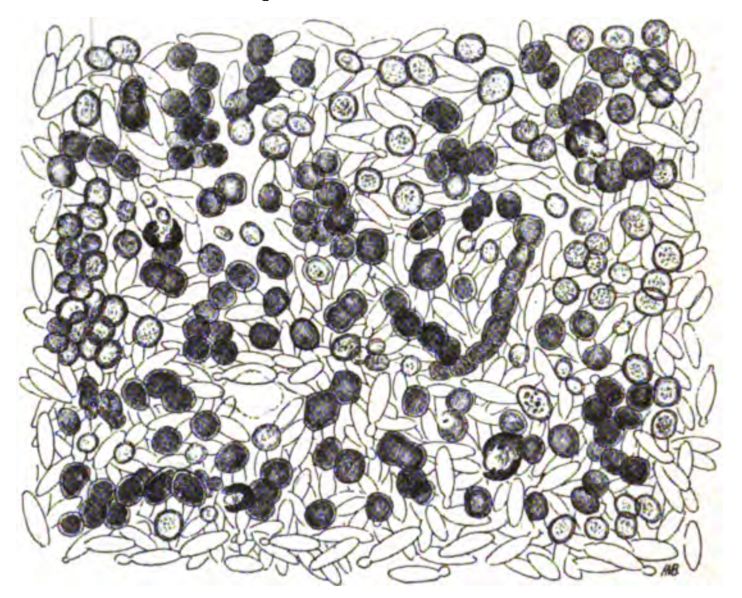


Fig. 23. — Cellules durables et levures du *G. nervisequum* (G = 600/1).

des cellules en saucisson (cas des levures hautes de brasserie). On peut trouver des files de deux, trois, quatre cellules restées en série.

Le cas le plus fréquent cependant est celui de la cellule unique, bourgeonnant à un seul pôle, et séparant bientôt la cellule fille.

Cellules géantes. — Les cellules géantes, que l'on observe surtout au début du bourgeonnement du mycélium fragmenté,

ou dans les vieilles cultures sur liquides, et encore sur milieu solide sucré (touraillon sucré gélatiné) sont très volumineuses par rapport aux levures. Elles mesurent (fig. 22) 20 à 30 μ et ont souvent un diamètre de trois à cinq fois plus grand que la longueur des levures ordinaires.

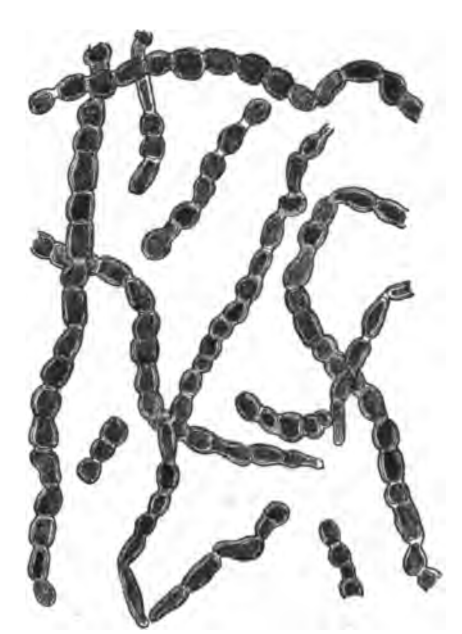


Fig. 24. — Chlamydospores du *Glœosporium nervisequum* (G = 500/1).

Irrégulières de forme, mais plutôt sphériques, leur membrane est vaguement onduleuse, d'épaisseur inégale; le protoplasme est très grumeux, mais homogène.

Dans bien des cas, le contenu laisse un vide plus ou moins grand entre lui et la membrane. Enfin, ces cellules géantes affectent parfois des formes très allongées ou très irrégulières; leur membrane est toujours incolore. Leur évolution se produit très irrégulièrement avec tendance au bourgeonnement dans les milieux sucrés, ou vers un mycélium variqueux sur les milieux solides. Mais, le plus fréquemment, ces cellules, — qui nous paraissent des cas plutôt pathologiques ou tératologiques, — se vident, surtout les plus grosses, en diffusant leur contenu. Nous les avons observées bien plus rarement que les cellules géantes de l'Anthracnose de la Vigne.

Voiles, Cellules durables, Chlamydospores. — Les levures bourgeonnantes, cultivées en milieux sucrés et dans de grands récipients, forment, dans les liquides, au bout de

trente à quarante jours, des masses volumineuses et spumeuses. Celles-ci surgissent, peu à peu, à la surface et s'y étalent sous forme d'un *voile* très net, qui débute toujours sur les bords et gagne peu à peu le centre du liquide. Mais ce voile, comparable au voile des Mycodermes ou d'autres levures, ne couvre pas toute la surface comme le fait celui du *Glœosporium* de la Vigne. C'est à ce moment que l'on peut voir, en certains points, un assez grand nombre de cellules enveloppées dans un réseau gélatineux, tel que celui qui a été décrit par Hansen pour certains *Saccharomyces*. Si on fait dessécher cette masse gélatineuse, le réseau se distingue plus facilement.

C'est à la surface de ces voiles spumeux, au contact direct de l'air, et, le plus souvent, sur le bord du vase de culture, que se forment les *cellules durables* (fig. 23). Celles-ci évoluent lentement et finissent par recouvrir le substratum des levures d'une couche plus ou moins épaisse, à un, deux ou trois rangs superposés, couche qui noircit les voiles.

Les cellules durables se forment aux dépens des levures de surface les plus fortement impressionnées par l'air et la lumière. La cellule s'arrondit; son protoplasme devient plus grumeux; peu à peu, la membrane externe se fonce et devient définitivement d'un noir intense carbonacé. On trouve les divers stades de coloration, même dans les voiles les plus anciens. L'évolution la plus rapide vers la forme définitive est toujours longue (trente à quarante jours).

Les cellules durables (fig. 23) sont sphériques ou irrégulièrement sphériques, contrairement à celles du *Glœosporium* de la Vigne qui sont ovoïdes. Elles ont, comme celles-ci, une double membrane : celle interne incolore, la membrane externe d'un noir carbonacé et cassante. Le contenu protoplasmique, assez grumeux au début, est homogène et incolore avec quelques granulations au centre dans la cellule mûre.

Les cellules durables sont, le plus souvent, isolées, parfois agglomérées. Leurs dimensions varient peu, elles sont en

moyenne de 10 à 12 μ; on trouve cependant quelques cellules moitié plus petites. Quelquefois aussi, mais bien plus rarement que dans le cas du *Glœosporium* de la Vigne, on observe quelques cellules doubles. Enfin, dans les masses spumeuses de levures très anciennes, où la forme mycélienne se manifeste assez nettement, on aperçoit des chapelets de cellules durables accolées (fig. 23).

A cet état, les chapelets de cellules durables sont semblables aux *chlamydospores* (fig. 24).

Ces chlamydospores, si fréquentes pour l'Anthracnose de la Vigne, aussi bien sur les vieux chancres que dans les cultures du *G. ampelophagum*, sont moins abondantes pour le *G. nervisequum*. Leur origine est d'ailleurs différente de celle des cellules durables. En effet, les chapelets de chlamydospores se développent toujours dans les vieilles cultures mycéliennes de *Glœosporium* en milieu épuisé, surtout si ce milieu est légèrement acide.

La forme ne permettrait pas de distinguer facilement une chlamydospore isolée d'une cellule durable. Celle-ci est un peu plus grosse, plus sphérique; la chlamydospore est plus polygonale. L'évolution ultérieure de ces deux organes, presque semblables et d'origines diverses, les différencie nettement.

La cellule durable du *G. nervisequum*, si on la met sur milieu sucré, rompt sa membrane externe ; la cellule interne en sort entourée de sa membrane interne incolore. Celle-ci évolue en bourgeonnant successivement, et en donnant des cellules presque rondes, unies d'abord en chapelets et qui, bientôt, se séparent en levures ellipsoïdes ordinaires. Ces premiers chapelets, si la cellule durable est ensemencée en milieu acide, peuvent évoluer peu à peu vers la forme mycélienne.

Les chlamydospores émettent toujours directement un tube fin qui continue à se développer en mycélium, ne se fragmentant qu'assez tardivement, même en milieu sucré.

On voit, parfois, les cellules d'un même chapelet de chlamydospores émettre, toutes à la fois, leurs fins tubes mycéliens, groupés sur l'axe comme les barbes d'une plume.

Sporulation des levures. — Un des phénomènes les plus intéressants que nous ayons observés pour le *G. ampelophagum* de la Vigne est celui de la sporulation des levures. Et cette sporulation d'une levure d'un vrai Champignon filamenteux n'est pas un cas exceptionnel, puisque le phénomène est identique pour la levure du *G. nervisequum* du Platane. La formation endogène des spores dans la levure du *G. nervisequum* se produit en effet abondamment dans les vieilles cultures de levures, surtout dans les dépôts qui sont en masse au fond des vases.

Cette formation de spores endogènes, dans les milieux que les levures ont épuisés, a été rarement signalée pour les *Saccharomyces*; elle est cependant plus fréquente qu'on ne le pense (1). On obtient aussi la sporulation des levures du *G. nervisequum* en les transportant, lorsqu'elles sont en voie de plein développement, sur plâtre, sur papier buvard, etc.

La formation des spores n'est pas très rapide. Elles apparaissent seulement dès le quatrième ou le cinquième jour à 25°.

Les levures en voie de sporulation ont un protoplasme plus grumeux et plus dense que celui des levures ordinaires. Elles sont plus renflées, et ont parfois une dimension double des plus grosses levures. Les segmentations protoplasmiques, à la suite sans doute de la division préalable des noyaux, division que nous n'avons pas encore étudiée, se produit lorsque le protoplasme remplit encore entièrement la cellule.

Les cellules sporulées ont des formes un peu variées

(1) Nous ne rapporterons qu'un fait relatif aux vins d'Anjou et de Touraine, mousseux naturellement. Les bouteilles contiennent des dépôts que l'on ne dégorge jamais; ces dépôts, constitués par des levures qui ont produit la mousse de ces vins, renferment quantité de cellules nettement sporulées, surtout dans les vins liquoreux de quatre ou cinq ans d'âge.

(fig. 25 et 26); elles sont elliptiques, renflées le plus souvent, parfois un peu déformées; elles mesurent en moyenne 13 μ sur 9 μ, et varient de 16 μ à 9 μ sur 10 μ à 8 μ. Quand elles sont mûres, un vide existe toujours entre la membrane générale et les spores internes; c'est d'ailleurs un fait assez fréquent chez les *Saccharomyces*.

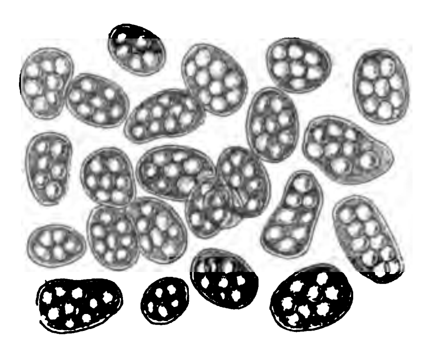


Fig. 25. — Levures sporulées du *Glœosporium nervisequum* (G = 1000/1).

Les spores endogènes (fig. 27) sont nettement sphériques, à membrane propre, à contenu homogène, réfringent; elles ont 3 μ de diamètre. Mais, tandis que les cellules sporulées du *Glœosporium* de la Vigne renferment seulement de une à trois spores endogènes, celles du *Glœosporium* du Platane en renferment un nombre plus considérable; on peut même dire un très grand nombre. On a signalé pour certains types de *Saccharomyces Pastorianus* (formes I, II, III de Hansen) un nombre de spores endogènes variant de quatre à douze. Dans la levure sporulée du *G. nervisequum*, le nombre de spores endogènes varie autour de huit, chiffre le plus fréquent, et va jusqu'à dix; rares sont celles qui n'en renferment que deux ou trois.

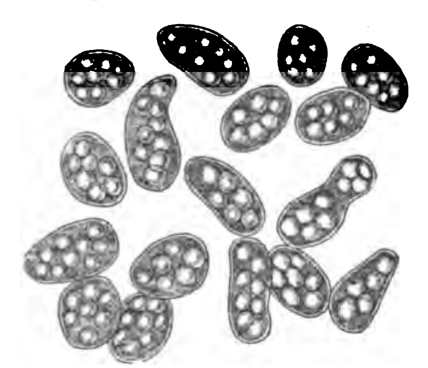


Fig. 26. — Levures sporulées du *G. nervisequum* (G = 1000/1).

Quand les levures sporulées sont mûres, les spores endogènes (ascospores) sortent par résorption ou gélification de la membrane, et on les trouve parfois réunies en très

grand nombre. Elles évoluent en milieu sucré, sous forme de petites levures, qui prennent, peu à peu, par multiplications successives, les dimensions normales.

Fonctions, Origine et retour mycéliens de la levure. — De même que pour le *Glœosporium* de la Vigne, la levure du *Glœosporium* du Platane ne nous a donné que 1 °/₀, au maximum, d'alcool, sans dégagement apparent d'acide carbonique, et cela au bout d'un mois.

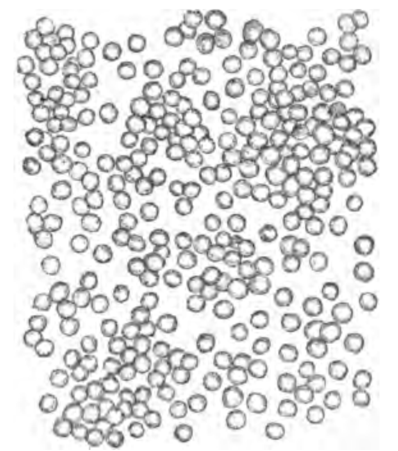


Fig. 27. — Spores des levures sporulées (ascospores) du *G. nervisequum* (G = 1000/1).

Si l'on fait disparaître l'alcool du milieu, ou si l'on reporte les levures, arrêtées dans leur bourgeonnement, dans un nouveau liquide sucré, une nouvelle dose d'alcool de 1 °/₀ se produit. Si on maintient les levures dans un liquide de culture alcoolisé à 1 °/₀, le bourgeonnement cesse; les voiles s'accentuent, s'épaississent, et les cellules durables apparaissent à leur surface au contact de l'air. Nous rappelons que, comme pour l'Anthracnose de la Vigne, si à des cultures jeunes de levures de *G. nervisequum*, nous ajoutons des doses progressives d'alcool jusqu'à 1 °/₀, à cette dose les voiles se forment, s'épaississent, et les cellules durables apparaissent. Au-dessus de 1 à 1,5 °/₀, et même 2 °/₀, tout développement cesse, mais les levures ne meurent pas. Il n'est pas dit qu'on ne puisse, avec le temps, les acclimater progressivement à des doses plus élevées d'alcool.

Le côté délicat de nos recherches, au point de vue expérimental, était de bien démontrer la filiation des levures et

des divers organes du *G. nervisequum*. En partant d'une cellule de levure ou d'une conidie, il était indispensable d'obtenir les divers organes du Champignon ou les divers états de la levure. Nous avons repris, dans ce but, les mêmes méthodes de culture qui nous avaient servi pour le *G. ampelophagum*.

Nous avons isolé tout d'abord des cellules uniques, spermaties et levures, à l'aide des méthodes usitées pour la purification et l'isolement des *Saccharomyces* (cultures sur plaques après dilution, cultures en chambre humide sur lames quadrillées).

Les spermaties, par exemple, isolées dans des tubes de touraillon gélatiné se développent seulement à la surface de la masse nutritive; elles forment des taches aranéeuses, identiques aux premiers stades des autres Moisissures. Les jeunes colonies de levures du *G. nervisequum*, plus abondantes en surface, se développent aussi en profondeur dans la gélatine; elles donnent des colonies lenticulaires, blanc-grisaille, à contours moins précis que les mêmes colonies des levures alcooliques industrielles.

Une fois en possession de ces cultures pures, issues les unes d'une *spermatie unique*, les autres d'une *cellule de levure unique*, nous avons cherché à reproduire toutes les formes du *G. nervisequum*, en faisant varier les milieux de culture et les conditions physiques.

Sans développer davantage l'exposé de nos nombreuses séries variées de culture, nous dirons que le passage des spermaties aux levures bourgeonnantes est très rapide (milieu liquide de touraillon sucré, non acide). Au contraire, le retour au mycélium et, à la suite, aux conceptacles, est très long si l'on part des cultures de levures bourgeonnantes en pleine activité, et, cela, même si la levure bourgeonnante provient des premières séries résultant des spermaties.

Cette transition au mycélium par la levure est toujours longue et la phase levure en chapelets, avec bourgeonne-

ments irréguliers (fig. 28), persiste beaucoup. L'orientation définitive vers le mycélium peu variqueux et fin n'a lieu qu'après plusieurs passages et un temps long. Ce mycélium fin continue d'ailleurs lui-même à l'état mycélien pur pendant plusieurs cultures et ne s'oriente vers les formes à conceptacles que tardivement.

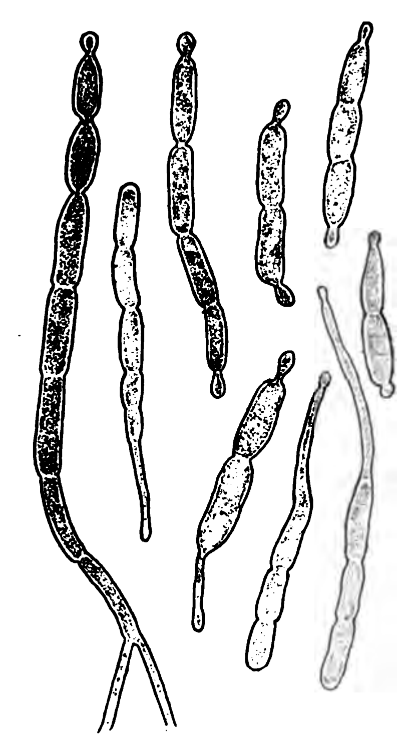


Fig. 28. — Levures du *G. nervisequum* en retour mycélien (G = 1000/1).

Pendant les premières séries mycéliennes, le Champignon semble être en équilibre instable et avoir tendance à retourner à la levure. Une fois le mycélium fixé, la fructification en conceptacles n'est provoquée que si, avec des milieux nutritifs convenables, on réalise en même temps des variations brusques des conditions physiques (lumière, chaleur, etc.). Cette première fructification une fois obtenue, elle se continue dans les cultures successives aux conditions ordinaires. Ces observations précisent ainsi le retour mycélien des levures et complètent les premières données que nous avons fournies pour le *Glœosporium* de la vigne (1).

(1) Nous reviendrons plus tard sur d'autres moyens d'accentuer le retour des levures au mycélium et aux fructifications de celui-ci au moyen de cultures combinées avec divers autres organismes et surtout avec des bactéries non liquéfiantes sur milieux solides.

Asques levures. Asques périthèces. — Les spores endogènes des deux *Glœosporium* que nous avons cultivés et étudiés sont incontestablement de même nature et de même ordre biologique que ce que l'on appelle ascospores pour les *Saccharomyces*. On les obtient dans les mêmes conditions de sporulation que pour ces dernières ; formes, développement, influence du milieu, rien ne les différencie. Il est vrai qu'on peut nous objecter que nous n'avons pas observé dans notre formation de spores des *Glœosporium* une fusion des noyaux, constatée et affirmée pour la sporulation des *Saccharomyces* des fermentations alcooliques les plus actives, fusion considérée comme une vraie fécondation au même titre que certains phénomènes qui précèdent, dans les Champignons ascomycètes, le développement des périthèces. Cette objection est-elle fondée? y a-t-il vraiment fécondation? Nous ne discuterons pas le fait pour l'instant.

Nous n'insisterons pas non plus sur l'opinion qui pourrait faire admettre que les levures sporulées sont des cas d'enkystement par division préalable des noyaux, analogues à ceux des kystes. Les kystes seraient pour l'état mycélien des *Glœosporium* ce que sont les spores endogènes pour la levure, comme les chlamydospores seraient au mycélium ce que sont les cellules durables à la levure. Kystes et levures sporulées, chlamydospores et cellules durables seraient des organes de résistance maximum, produits dans des conditions de vie défectueuse pour l'espèce.

On pouvait admettre, à la suite de notre travail sur le *Glœosporium* de la Vigne, pour lequel nous n'avons pu obtenir jusqu'à ce jour de vrais périthèces, que les spores endogènes des levures représentaient la forme ascosporée, les périthèces, du *Manginia ampelina*. Le fait eût été sans doute bien surprenant; mais cette interprétation est inadmissible avec le *Glœosporium* du Platane.

Les observations et les expériences de Klebahn, que nous avons rapportées, sont probantes. Il a démontré d'une façon

indiscutable que les périthèces du *Gnomonia Veneta* appartiennent bien au *G. nervisequum*. Voilà donc un Champignon qui a des périthèces avec des asques à huit spores, des stroma conidifères, des conceptacles à stylospores et à spermaties, des chlamydospores, des kystes, et, en outre, des levures vraies bourgeonnantes, des cellules durables et enfin des spores endogènes en tous points semblables à ce que l'on appelle des ascospores chez les *Saccharomyces*.

Nous ne pouvons donc voir d'analogie morphologique vraie entre les spores endogènes des levures et les asques des périthèces. Une fusion des noyaux, interprétée comme acte de fécondation, ne serait pas suffisante pour asseoir une analogie biologique. La sporulation endogène des levures (levures alcooliques, levures sauvages, mycolevures, mycodermes, etc.) nous paraît donc un phénomène de développement indépendant de celui des périthèces.

Origine des levures. — Les premières recherches que nous avons publiées sur le *Glœosporium* de la Vigne (*Manginia ampelina*) nous paraissaient éclaircir certaines données sur l'origine des levures. Nous disions, dans notre deuxième Mémoire (1) sur l'Anthracnose de la Vigne : « Dans son livre *Etudes sur la bière*, où il développe la question de l'origine des levures (pages 150 et suivantes), Pasteur figure (planche 9, A à F) des formes absolument comparables à celles des kystes naturels des sclérotes de l'Anthracnose ou des kystes des cultures en milieux artificiels, et dans les figures B, C, E, F, est représentée leur germination directe en levure par un processus comparable à celui que nous avons observé. Cette opinion de Pasteur, sur l'origine des levures dérivées des Champignons, admise pendant quelque temps, a été rejetée à la suite des travaux de De Bary, Hansen, etc., et l'on a admis qu'avec les organes d'où Pasteur avait

(1) *Loc. cit.*, page 35.

cru voir provenir les levures, se trouvaient de vraies levures mélangées, ces organes étant probablement ceux du *Dematium pullulans*, les levures vraies formant des entités spécifiques indépendantes du Champignon filamenteux. »

Cette question a été d'ailleurs très clairement exposée, dans ce sens, par E. Duclaux, dans son *Traité de Microbiologie* (III, pp. 88 à 91); nous croyons devoir le reproduire textuellement :

« La première idée de Pasteur avait été de croire que les levures passaient l'hiver à un état différent, sous forme d'un de ces végétaux microscopiques, connus pour être en toute saison répandus partout, et dont certaines parties, certains organes se transformeraient en levure par voie naturelle, au moment où se trouveraient réalisées, sur leur habitat ou autour d'elles, les conditions nécessaires à cette nouvelle forme de développement...

« Sous la pression de cette idée, il avait étudié au microscope l'eau de lavage des raisins, et il n'avait pas tardé à y découvrir, à côté de spores appartenant à des moisissures vulgaires, des groupes de cellules d'aspect dur, jaunâtre, à double enveloppe, fréquemment présentes sur les grains, plus fréquemment encore sur le bois de la grappe. Ces cellules, déposées dans une goutte de moût de raisin stérile, se ramollissent, se distendent, deviennent de plus en plus translucides et incolores, et, en même temps, on voit se former autour d'elles, par voie de bourgeonnements successifs, toute une famille de jeunes cellules présentant les formes des cellules de levure, en présentant aussi les propriétés...

« Cette description rappelle tout à fait les observations faites par de Bary sur une espèce très répandue, un *Dematium* dont les articles mycéliens, d'ordinaire plus ou moins allongés, se garnissent, au voisinage de leurs articulations, d'une véritable collerette de petites cellules ovales, douées de la faculté de se détacher et de proliférer à leur tour. De Bary n'avait pourtant pas voulu y voir des levures, et nous devons convenir aujourd'hui qu'il avait raison. L'expérience de Pasteur prouvait qu'il y avait des levures mélangées au Dematium, mais ne prouvait pas que les levures venaient du Dematium. Contre cette conclusion s'élevaient en outre, et quelques résultats de Pasteur, et surtout ceux de Chamberland...

« Ce procès, qui semblait jugé, a été rouvert par M. Jörgensen qui accepte bien la conclusion que les cellules de la collerette des Dematium ne sont pas des levures. Elles en sont, d'après lui, seulement les ascendants, et elles peuvent se transformer en levures par un procédé beaucoup plus compliqué, dont un des éléments essentiels est la culture, non sur un moût sucré, mais sur des raisins conservés au voisinage de 20°. C'est contre cette

conclusion que se sont élevés, avec raison, je crois, M. Hansen d'abord, puis et surtout MM. Klöcker et Schiönning, qui ont essayé de toutes les façons possibles de faire dériver une levure authentique, soit du *Dematium*, soit d'une autre espèce voisine le *Cladosporium herbarum*. *Ils n'ont jamais vu naître de Saccharomyces formant des endospores, quelle que fût la variété des conditions de culture offertes aux Dematium* : cultures pures en milieux divers, sur des fruits mûrs ou non mûrs, en nature libre, ou dans des serres...

« Les résultats de MM. Klöcker et Schiönning ont été à leur tour confirmés par Seiter, qui, en ensemençant deux *Dematium* différents sur des fruits stérilisés par une méthode particulière, n'a pas réussi à retrouver les faits signalés par Jörgensen. M. Seiter a aussi répété les essais de MM. Eckenroth et Hermann, qui avaient cru à la transformation d'un *Penicillium* en levure. En se servant des matériaux même envoyés par ces savants, il n'a pas pu reproduire leurs résultats.

« A la suite de leurs essais, MM. Klöcker et Schiönning ont cherché, en sens inverse, à transformer des *Saccharomyces* en Champignons supérieurs, en les mettant autant que possible dans les conditions qu'ils peuvent rencontrer dans la nature. Ils n'ont pas réussi. Bien qu'un fait négatif ne soit jamais probant, nous n'en sommes pas moins autorisés à conclure, jusqu'à nouvel ordre, que les Saccharomyces sont des organismes indépendants, et qu'ils ne proviennent pas des végétations cryptogamiques... » (1)

Ainsi donc, une des objections principales à la possibilité de l'origine des levures aux dépens des Champignons filamenteux réside surtout dans le fait qu'on n'a jamais obtenu la sporulation endogène de leurs levures. Il en a été ainsi pour les *Dematium*, *Hormodendron*, *Cladosporium*, *Torula*, *Monilia*, etc., etc., toutes formes bien différentes des *Glœosporium*.

Cette objection essentielle n'existe plus, puisque les deux espèces de *Glœosporium* que nous avons étudiées donnent facilement des ascospores. Il est vrai que l'on n'a pu encore réaliser, comme nous l'avons fait pour les levures des

(1) Dans son Mémoire *Recherches cytologiques sur les levures* (1902), M. A. Guilliermond conclut de même : « Ces observations, dit-il, nous renseignent sur la valeur de l'asque des levures que l'on doit considérer comme une forme supérieure de ces Champignons, qui paraissent devoir être définitivement maintenus parmi les Ascomycètes. Ainsi sembleraient closes les longues discussions débattues entre Brefeld, de Bary, Pasteur, Hansen, sur l'origine des levures et réveillées dans ces dernières années par de nouvelles observations de Jœrgensen ».

Glœosporium, les retours, par des cultures méthodiques et rigoureuses, des levures industrielles aux Champignons filamenteux ; mais, ainsi que le dit Duclaux : « un fait négatif n'est jamais probant », et il ne nous paraît aucunement acquis que les résultats négatifs qui ont été constatés soient définitifs.

Il n'est pas inutile de rappeler la difficulté considérable que nous avons eue pour revenir (jusqu'à un an et deux ans) des formes levures de *Glœosporium* aux filaments mycéliens et aux organes de reproductions (conceptacles ou conidiophores) ; le retour a été d'autant plus lent que les levures rajeunies étaient plus anciennes. Le retour au mycélium, — s'il est réalisable, — des levures industrielles, constamment rajeunies et indéfiniment fixées, doit donc être d'une grande difficulté à réussir, si même cette faculté n'est pas annihilée ou, en tous cas, conservée à un état latent très difficile à ébranler et à disjoindre.

L'opinion généralement admise, d'après les travaux de Hansen, est que les levures de fermentation alcoolique hivernent dans le sol et sont ensuite transportées sur les fruits, surtout au moment de leur maturation. Elles peuvent passer l'hiver dans l'intestin des animaux, des insectes hibernants (Berlese, Boutroux, Cordier, Neumayer, etc.) et après avoir été disséminées par divers agents (vents, insectes butinants, etc.,) se multiplier au printemps en nouvelles colonies sur les nectaires sucrés des fleurs.

Nous nous demandons cependant si l'observation première de Pasteur, qui faisait dériver les levures de formes absolument comparables à celles des kystes ou des cellules durables, n'est pas réelle, et, si beaucoup de levures sauvages n'ont pas comme première origine des organes analogues aux kystes, qui sont d'une résistance considérable à toutes les mauvaises conditions atmosphériques. En tous cas, nos recherches nous paraissent remettre à nouveau à l'étude la question de l'origine des levures, même industrielles, aux dépens des Champignons filamenteux.

III. — ASCOCHYTA PISI

Tous les Champignons filamenteux ne nous paraissent évidemment pas susceptibles de donner des formes levures. De nombreux travaux ont prouvé que beaucoup d'*Aspergillus*, de *Mucor*, etc., donnaient des levures; pour aucun d'eux, comme nous le disions, la sporulation n'a été constatée. Nous serions plutôt portés à croire que peu de Champignons sont en réalité susceptibles de donner des formes levures. Nous cultivons, depuis longtemps, des espèces parasites du groupe des Ascomycètes qui ne sont pas très éloignées des deux *Glœosporium* que nous avons étudiés, tels le *Guignardia Bidwellii*, le *Charrinia diplodiella*, le *Dematophora necatrix*, le *Rœsleria hypogea*, etc., etc. Nous n'avons jamais obtenu de formes levures comparables à celles des *Glœosporium ampelophagum* et *nervisequum*.

Nous reviendrons plus tard sur une forme voisine de ces dernières, le *Glœosporium* ou *Colletotrichum Lindemuthianum* Saccardo; mais, parmi les types que nous avons étudiés, en vérification de nos recherches sur l'Anthracnose de la Vigne, nous retiendrons une espèce qui, par les allures extérieures et les phénomènes pathologiques, est tout à fait comparable au *Gl. ampelophagum*.

L'*Ascochyta Pisi* Lib. ou *Glœosporium Pisi* Oud., ne peut se distinguer, en effet, de l'Anthracnose des Haricots (*Glœosporium Lindemuthianum*) qu'au microscope. Il attaque les haricots, les pois et diverses légumineuses. Sur les gousses, il forme des taches oculaires plus ou moins étendues ou plus ou moins profondes et tout à fait comparables aux chancres des raisins verts de l'Anthracnose de la Vigne. Les seuls organes que l'on ait observés dans la nature sont des conceptacles à basides internes portant des spores doubles.

Par les mêmes méthodes, nous avons isolé, et cultivé ensuite, ce parasite sur les milieux expérimentés pour le *Glœosporium nervisequum* et le *Glœosporium ampelophagum*. Nous avons obtenu facilement des conceptacles iden-

tiques à ceux de la nature et des formes conidifères non encore signalées pour cette espèce. Les conceptacles se produisent aussi facilement; dans les mêmes conditions de milieux, que les conceptacles de l'Anthracnose de la Vigne et du Platane.

Ces conceptacles (fig. 29), très nombreux, sont gros, ovoïdes, ils mesurent 250 à 390 μ et sont pourvus le plus souvent d'une seule ostiole, parfois de deux ou trois. Ces ostioles forment un rebord assez épais. La membrane des concep-

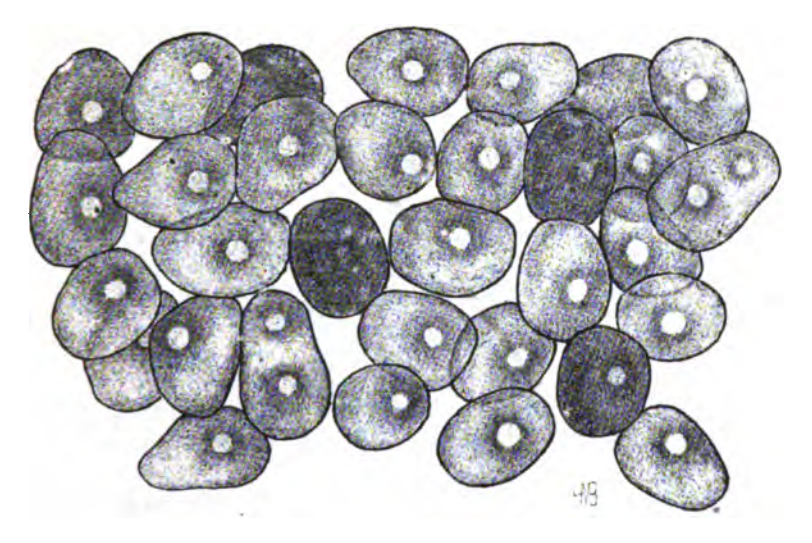


Fig. 29. — Conceptacles d'une culture d'*Ascochyla Pisi* (G = 60/1).

tacles est d'un noir assez foncé, quadrillé, pluricellulaire. Toute la paroi interne est tapissée par de fins basides incolores qui portent à leur sommet des spores très nombreuses qui, lorsqu'elles sont vues en masses, ont un aspect rosé comme les spermaties des *Glœosporium ampelophagum* et *nervisequum*.

Ces spores (fig. 30) sont doubles, (10 à 14 μ sur 3 μ 5), ou très rarement à deux cloisons, et dans ce cas triples. Elles sont cylindriques, allongées, parfois un peu réniformes.

Leur membrane est incolore, hyaline; leur contenu protoplasmique est régulièrement grumeux. Elles germent en émettant, par chacun des éléments, un tube mycélien fin, de calibre régulier. Ce mycélium, en pleine poussée, est cloisonné, mais les cloisons sont assez distantes et ne présentent que fort peu de rétrécissements à leur niveau.

La forme conidifère (fig. 31), que nous avons obtenue sur milieux solides et liquides, aux dépens de trames mycéliennes épaisses couvertes comme d'un gazon à

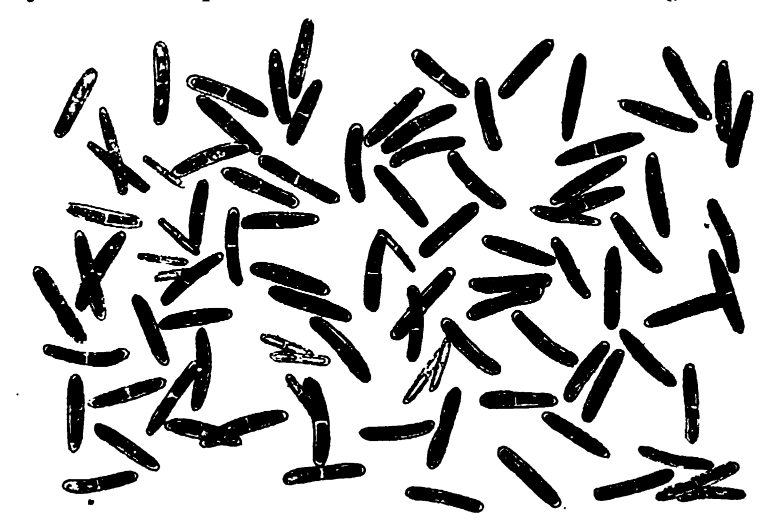


Fig. 30. — Spores des conceptacles de la fig. 29 de l'A. *Pisi* (G. = 600/1).

leur surface, est assez analogue à celle du *Glœosporium* du Platane. Les tubes conidifères sont peu serrés, lâches, cloisonnés, avec basides se détachant latéralement, simples ou doubles; celles-ci produisent à leur sommet des spores doubles un peu moins allongées que celles des conceptacles, mais, comme elles, à membrane incolore, hyaline, à protoplasme homogène. Ces spores ensemencées sur des milieux favorables à la formation des conceptacles (lait gélosé, jus de haricot sucré et gélosé) donnent ces derniers.

L'*Ascochyta Pisi* a été porté dans les mêmes milieux sucrés, avec ou sans acide (carotte sucre acide, bouillon de riz, jus de haricot sucré, touraillon sucré, etc.), dans lesquels avec les *Glœosporium* nous obtenons les kystes ou les levures. Jusqu'à maintenant, et malgré de nombreux passages successifs, nous n'avons pu obtenir ni levures, ni kystes. Le maximum de fragmentation mycélienne constaté est représenté par la figure 32.

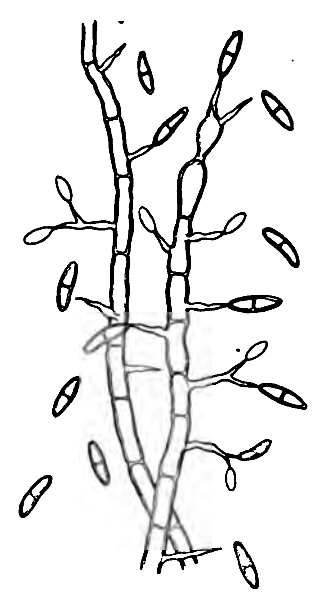


Fig. 31. — Filaments conidifères et conidies d'une culture d'*A. Pisi* (G = 600/1.)

Il n'est pas dit, sans doute, que des cultures en séries plus éloignées des premiers ensemencements ne finiront pas par

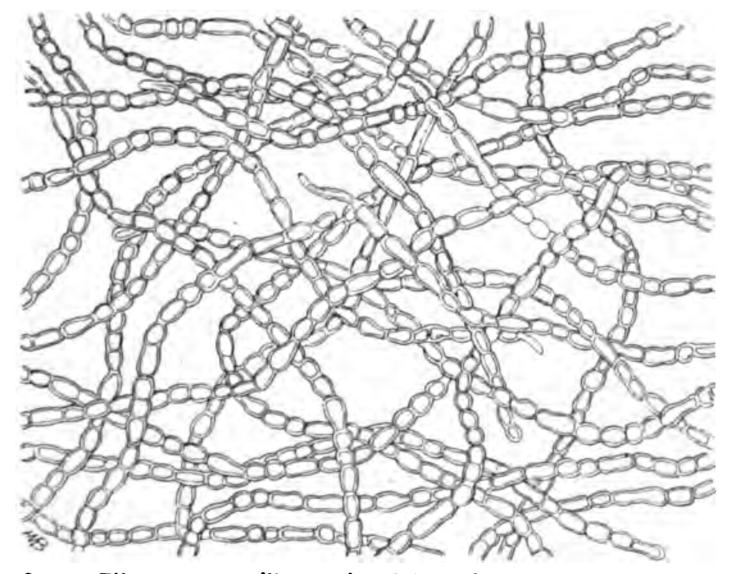


Fig. 32. — Filaments mycéliens très cloisonnés d'*A. Pisi*, en milieu très sucré (G = 500/1).

donner peut-être des fragmentations vraies du mycélium ou même des levures. Il ne parait pas, en tous cas, en être ainsi pour l'instant, sur des séries cependant éloignées de l'ensemencement originel par des multiplications successives depuis dix mois, et malgré que nous ayons réalisé nos cultures dans les milieux sur lesquels nous obtenions si facilement et si vite les formes levures et les formes kystes pour les *Glœosporium nervisequum* et *Glœosporium ampelophagum*.

(*1er Février 1906*.)

P. VIALA et P. PACOTTET.

N. B. — Pendant l'impression de ce Mémoire, M. P. Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, a donné dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES (15 mars 1906), une étude magistrale sur *Le Problème de l'origine des levures*, après avoir vérifié, dans notre laboratoire, les premiers faits que nous avions exposés pour le Glœosporium de la Vigne. Cette étude de M. P. Vuillemin élargit et complète cette importante question, si controversée, de l'origine des levures.

BIBLIOGRAPHIE

BARKER : On the spore formation among the Saccharomycetes, (Journal of the Federated Institutes of Brewing, vol. VIII, 1902).

A. DE BARY : Morphologie und Biologie der Pilze (page 293, 1884).

J. BEAUVERIE : *In* Ann. Soc. bot. Lyon, 1901, et C. R. A. S., 22 juillet 1903.

BERLESE : Rivista di patol. vegetale (t. V. 1897).

BEYERINCK : Schizomyces octosporus. (Cent. f. Bakt. u. Parasitenk, vol. XVI, 1894, p. 49). — Ueber Regeneration der Sporenbildung bei Alkoholhefen. (Centr. f. Bakt. U. Parasitenk, 2me partie, t. III et IV.)

BREFELD : *In* Nach. a. d. Club d. Landw. z. Berlin (1888).

CHAMBERLAND : Thèse (p. 61).

COMES : Crittogamia agraria. (1881, p. 424.)

M. CORNU : *In* Journal de botanique (1886).

COUPIN (H.) : Influence du potassium sur la morphologie du Sterigmatocystis nigra. (Revue générale de botanique, 1903).

DANGEARD : Sur la structure des levures et leur développement. (C. R. Ac. Sc. 3 Juillet 1893).

DUCLAUX (E.) : Traité de Microbiologie. (t. III, 1900).

GUILLIERMOND (A.) : Recherches sur la sporulation des Schizosaccharomycètes. (C. R. Ac. Sc. 22 Juillet 1901). — Recherches cytologiques sur les levures et quelques moisissures à formes levures (Thèse de doctorat ès sciences 1902, Lyon). — Recherches cytologiques sur les levures. (Revue générale de botanique, 1903). — Recherches sur la germination des spores et la conjugaison chez les levures (Revue gen. de Botanique, 1905). — La morphologie et la cytologie des levures (Bullet. Institut Pasteur, mars 1905 et mars 1906).

JANSSENS ET LEBLANC : Recherches cytologiques sur la cellule de levure. (La cellule, t. XIV, et suivants).

JOERGENSEN : Les microorganismes de la fermentation (2me édition, 1899).

JUHLER : Ueber die Umbildung des Aspergillus oryzæ in einen Saccharomyceten (Centr. f. Bakt., 1895).

HANSEN : Nouvelles recherches sur la circulation du Saccharomyces apiculatus dans la nature. (Ann. d. sc. nat. Botanique, VII. Série T. XI, 1890. — Ann. de Microg. Paris, 1898). — Kritische Untersuchungen über einige von Ludwig und Brefeld beschriebene Oïdium und Hefeformen (Botan. Zeit. 1892). — Grundlinien zur Systematik der Saccharomyceten. (Cent. f. Bakt, XII, 1904.)

HOFFMEISTER : Zum Nachweise des Zellkernes bei Saccharomyces (Carlsberg, IV, 1895).

KAYSER : Microbiologie agricole (Paris, 1905). — Les levures (2me édition, Paris, 1905).

KLEBAHN : Untersuchungen über einige Fungi imperfecti und die zugehörigen Ascomycetenformen (Leipzig, 1905).

KLOCKER et SCHIONNING : Meddeleser fra Carlsberg Laboratoriet (1881 à 1896 et vol. IV, fasc. 2, 1896), et divers in Comptes rendus des travaux du laboratoire de Carlsberg, 1896 à 1906.

LECLERC DU SABLON : Sur une maladie du Platane (Rev. gén. de botanique. 1892).

LINDER : Mikroskopische Betriebscontrolle in den gärungswerben (Berlin, 1895, p. 163).

M. LÉGER : Recherches sur la structure des Mucorinées (Poitiers, 1895).

LINDNER (P.) : Die ascosporen und ihre Beziehungen zur Konstanz des Hefenrassen (1887).

LOW (E.) : Ueber Dematium pullulans (Pringheim's Jahrb. Bd VI).

MAIRE (R.) : Note sur le développement saprophytique et sur la structure cytologique des sporidies levures chez l'Uredo maydis. (Bull. de la Soc. mycol. de France, 1898)

MARTINAND et RIETSCH : Des microorganismes que l'on rencontre sur les raisins mûrs et leur développement pendant la fermentation. (Compt. rendus Ac. d. Sc., Paris, 1891).

MATRUCHOT (L.) et MOLLIARD (M.) : Recherches sur la fermentation propre. (Revue générale de botanique, 1903).

MOELLER : Ueber den Zellkern und den Sporen der Hefe. (Ber. d. deutsch. Gesellsch., 1893).

PASTEUR : Etudes sur la bière (p. 150, pl. 9, 1876).

PRILLIEUX : Maladies des plantes (t. II, p. 320).

ROESS (Max.) : Botanische Untersuchungen (Leipzig, 1870).

ROUX et LINOSSIER : Recherches morph. sur le Champignon du Muguet. (Archives de médecine expérimentale, 1890).

SACCARDO : Sylloge Fungorum (III).

SAPPIN-TROUFFY : Recherches histologiques sur les Urédinées. (Thèse de doctorat de la Faculté des Sciences de Paris.)

SCHIÖNNING : Nouvelle et singulière formation d'ascus dans une levure (Carlsberg., IV, 1895).

SEITER : Studien über die Abstammungg der Saccharomyceten (Bayer. Brauer. Journal IV, 1896).

SORAUER : Pflanzenkrankeiten (II, p. 424).

SOREL : Comptes rendus (t. c. XXI, 1895). — Etude sur l'Aspergillus oryzæ (C. R. Ac. sc. t. LXXXI, 1894, p. 948).

TULASNE : Selecta Fungorum Carpologia, III.

VAN TIEGHEM et LE MONNIER : Recherches sur les Mucorinées, (Ann. des sc.

nat. Bot., 5me série, t. XVII, 1873). — Nouvelles recherches sur les Mucorinées, (Ann. des sc. nat. Bot., 6me série, t. I, 1875).

VIALA (P.) et PACOTTET (P.) : Sur la culture et le développement de l'Anthracnose (C. R. A. d. S., 1er Février, 1904). — Anthracnose I. Sur la culture et le développement de l'Anthracnose (avec 1 planche en couleur et 10 fig. dans le texte ; Revue de viticulture, 10 Juin 1904). — Anthracnose II. Nouvelles recherches sur l'Anthracnose. Levures, Kystes, formes de reproduction et de conservation du Manginia ampelina (avec 8 planches et 85 figures dans le texte ; Revue de viticulture, 24 Sept. 1905). — Sur les levures sporulées de Champignons à périthèces (Glœosporium) (C. R. A. S., 19 Février 1906). — Sur les kystes des Glœosporium et sur leur rôle dans l'origine des levures. (C. R. A. S., 26 Février 1906).

VUILLEMIN : Etudes biologiques sur les champignons. (Bull. de la Soc. des sc. de Nancy, 1886). — Le Champignon du Muguet (C. R. A. s. 1898). Les formes du Champignon du Muguet (Revue mycologique, 1899). — Les Blastomycètes pathogènes (Revue générale des Sciences, 1901). — Le Problème de l'origine des levures (Revue générale des Sciences, 15 mars 1906).

WEHMER (C.) : Unabhängigkeit der Mucorineengärung von Sauerstoffabschluss und Kugelhefe (Berl. der deut. Bot. Ges. XXIII, 1905). — Versuche über Mucorineengärung (Cent. f. Bakt. XIV, 1905).

WILL : Vergleichende Untersuchungen an vier unter gœrigen Arten von Bierhefe (Centr. f. Bakt. Bd II, 1896). — Bemerkungen zu der Mitteilung von Casagrandi ueber die Morphologie der Blastomycetes (Cent. f. Bakt, 2me partie IV).

ZALESKY : Ueber sporenbildung in Hefezellen. (Verhandl. d. Naturhist. uereins d. preuss Rheinlande V. Wesfalens, 1880).

NOTE

sur l'installation de la Station de Recherches viticoles pour la culture des parasites de la vigne

Pour répondre au désir qui nous a été exprimé, nous donnons quelques indications sur l'organisation que nous avons dû créer dans notre laboratoire pour poursuivre les recherches expérimentales sur les maladies de la vigne, recherches dont les premiers résultats ont été exposés dans divers Mémoires (1).

Ces travaux n'ont pu être poursuivis que grâce à une subvention du Ministère de l'agriculture, sollicitée par de hautes influences, et grâce surtout à une allocation accordée généreusement depuis plusieurs années par la Caisse des Recherches scientifiques, instituée auprès du Ministère de l'Instruction publique, grâce encore à l'aide matérielle donnée par la *Revue de Viticulture*. Les modiques ressources du crédit annuel de notre laboratoire auraient été bien insuffisantes pour poursuivre ces travaux une fois la méthode trouvée. Avec ces crédits *extraordinaires*, nous avons pu installer une salle de culture spécialement aménagée et faire construire des appareils nouveaux.

(1) L. Mangin et P. Viala : Sur la Phthiriose de la vigne causée par le *Dactylopius Vitis* et le *Bornetina Corium* (Comptes rendus. Académie des Sciences, 9 février 1903). — L. Mangin et P. Viala : Sur un nouveau groupe de Champignons « Les Bornetinées » et sur le *Bornetina Corium* de la Phthiriose de la vigne (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 29 juin 1903). — L. Mangin et P. Viala : La Phthiriose de la vigne (Mémoire de 112 pages avec 5 planches et 55 figures). — P. Viala et P. Pacottet : Culture des maladies de la vigne : Black-Rot, Pourridié, etc., (*Revue de Viticulture*, 3 décembre 1903). — P. Viala et P. Pacottet : Sur les verrues des feuilles de la vigne (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 18 janvier 1904). — P. Viala et P. Pacottet : « Les « Verrues de la Vigne » (Mémoire avec planche et 5 figures. *Revue de Viticulture*, t. XXI). — P. Viala et P. Pacottet : Sur la culture du Black-Rot (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er février 1904). — P. Viala et P. Pacottet : Sur la culture du Black-Rot ; Influence des acides et du sucre (*Revue de Viticulture*, 4 février 1904, et Mémoire avec figures). — L. Mangin et P. Viala : Nouvelles recherches sur la Phthiriose de la vigne et sur le Bornetina Corium (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 22 février 1904). — L. Mangin et P. Viala : Phthiriose II (Mémoire avec 2 planches et 6 figures et *Revue de Viticulture*, t. XXI). — P. Viala et P. Pacottet : Cultures de l'Anthracnose et forme levure (*Revue de Viticulture*, 24 juin 1904).— P. Viala et P. Pacottet : Cultures du Champignon de l'Anthracnose en milieux artificiels (*Revue de Viticulture*, 30 juin 1904). — P. Viala et P. Pacottet : Sur la culture et le développement du Champignon cause de l'Anthracnose de la vigne (Comptes

Les matériaux d'étude et de fabrication des milieux de culture, que nous n'aurions pu trouver aux états qui étaient nécessaires, nous ont été fournis, dès le début de nos recherches et d'une façon continue, par les Forceries de la Seine, créées à Nanterre par la maison O. Decugis et fils. Cet important établissement, qui comprend 89 serres, est surtout consacré au forçage des vignes; les cépages y sont variés et la conduite de la culture est dirigée de telle façon que l'on a, à peu près toute l'année, des vignes à toutes les époques de la végétation et surtout de l'évolution des fruits. Les matériaux tels que feuilles, rameaux jeunes, raisins, nous sont fournis en abondance et aux états convenables pour la préparation des milieux. Le forçage des raisins hâtifs ou la conduite des raisins tardifs nous ont permis, pour la même variété, d'avoir, quand nos expériences l'exigeaient, le même jour, la même variété de vignes à tous les états de développement du fruit, depuis la floraison jusqu'à la maturité ou la surmaturation, conditions qu'on ne peut évidemment réaliser dans le vignoble. La maison O. Decugis a toujours mis très libéralement à notre disposition son établissement pour nos diverses études, nous lui en sommes particulièrement reconnaissants.

Les échantillons de vignes attaquées par les diverses maladies ont été récoltés dans les vignobles français et dans ceux de l'étranger au moment où l'état de développement des divers parasites permettait leur culture artificielle. Ils nous ont été adressés aussi en envois successifs, pendant plusieurs années, par MM. Cazeaux Cazalet et Capus, Chauzit, L. Vincent, Duchein, Guillon, G. Lavergne (Chili), Marès (Algérie), Perrier de la Bathie, Prunet, Sécrétan, Tallavignes, etc., par le département de l'Agriculture de Washington, de l'Australie etc. Nous les remercions tous pour la peine qu'ils ont bien voulu prendre en répondant à nos demandes et en se conformant aux instructions qui leur étaient données.

rendus de l'Académie des Sciences, 4 juillet 1904). — P. Viala et P. Pacottet : Sur le développement du Black-Rot (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 11 juillet 1904). — P. Viala et P. Pacottet : Anthracnose-I, Sur la culture et le développement de l'Anthracnose (Mémoire avec 2 planches et 9 figures, et *Revue de Viticulture*, t. XXII).— P. Viala et P. Pacottet : Sur la fécondation artificielle de la vigne (Mémoire avec planche et 7 figures, et *Revue de Viticulture*, t. XXII). — P. Viala et P. Pacottet, Black-Rot II : Sur le développement du Black-Rot ; Réceptivité des fruits. Influence de la température, de l'humidité et des milieux toxiques (Mémoire et *Revue de Viticulture*, t. XXII). — L. Mangin et P. Viala : La « Gomme des raisins » (*Revue de Viticulture* avec planche, en couleurs, 5 janvier 1905). — L. Mangin et P. Viala : Sur le *Stearophora radicicola*, Champignon des racines de la vigne (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 29 mai 1905). — L. Mangin, P. Viala, A. Charrin et A. Le Play : Le *Steorophora radicicola* (Brochure avec 1 planche et 11 gravures, juin 1905). — P. Viala et P. Pacottet : Nouvelles recherches sur l'Anthracnose de la vigne, II : Levures, kystes, formes de reproduction et de conservation du *Manginia ampelina* (Mémoire de 69 pages avec 85 figures dans le texte et 7 planches, 24 septembre 1905 et *Revue de Viticulture*, 1905-1906).

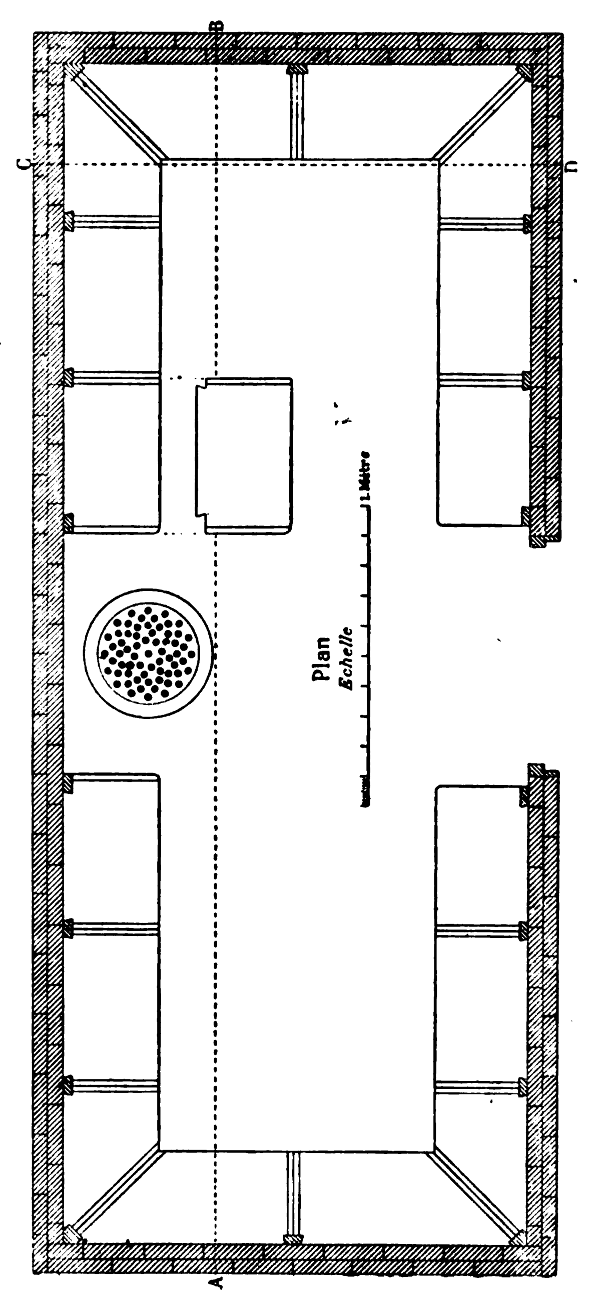


Fig. 33. — Salle de cultures (plan).

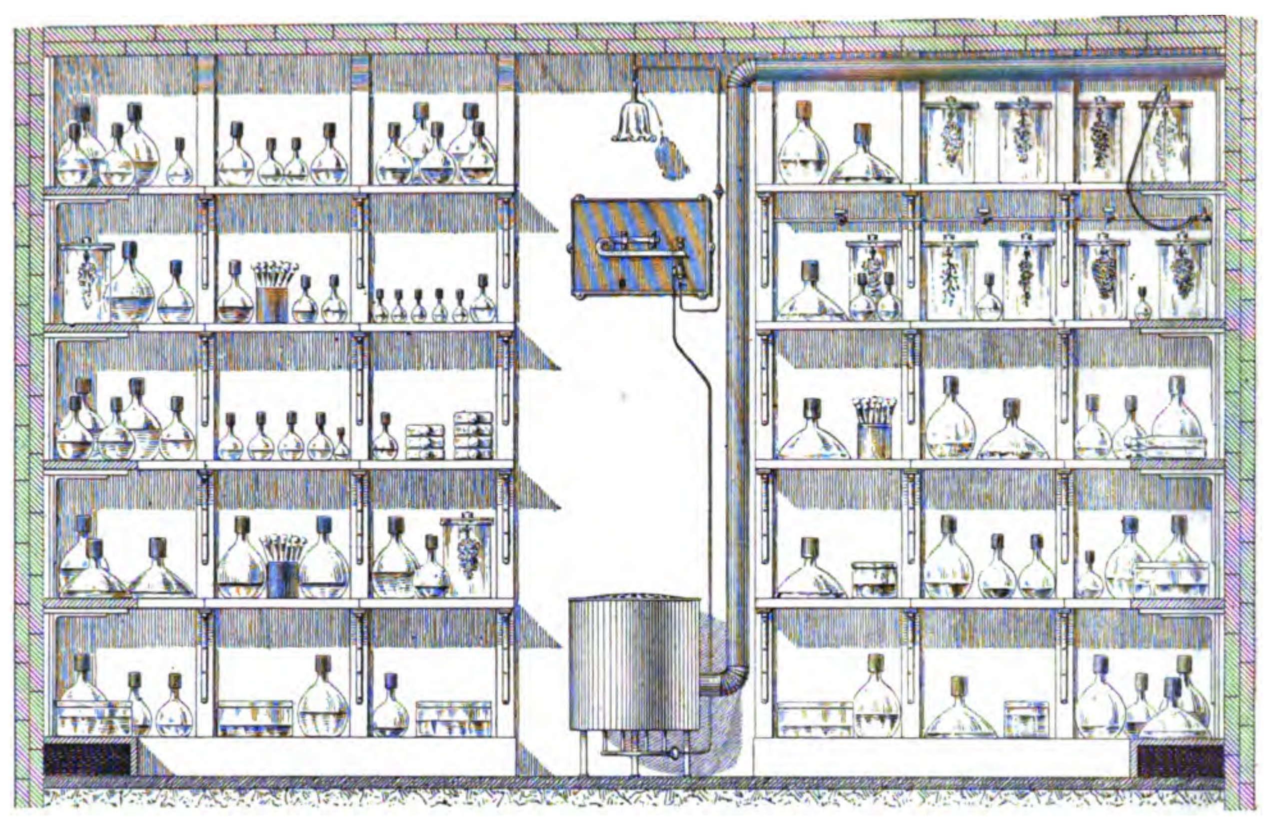


Fig. 34. — Salle de cultures, coupe suivant A B de la fig. 33.

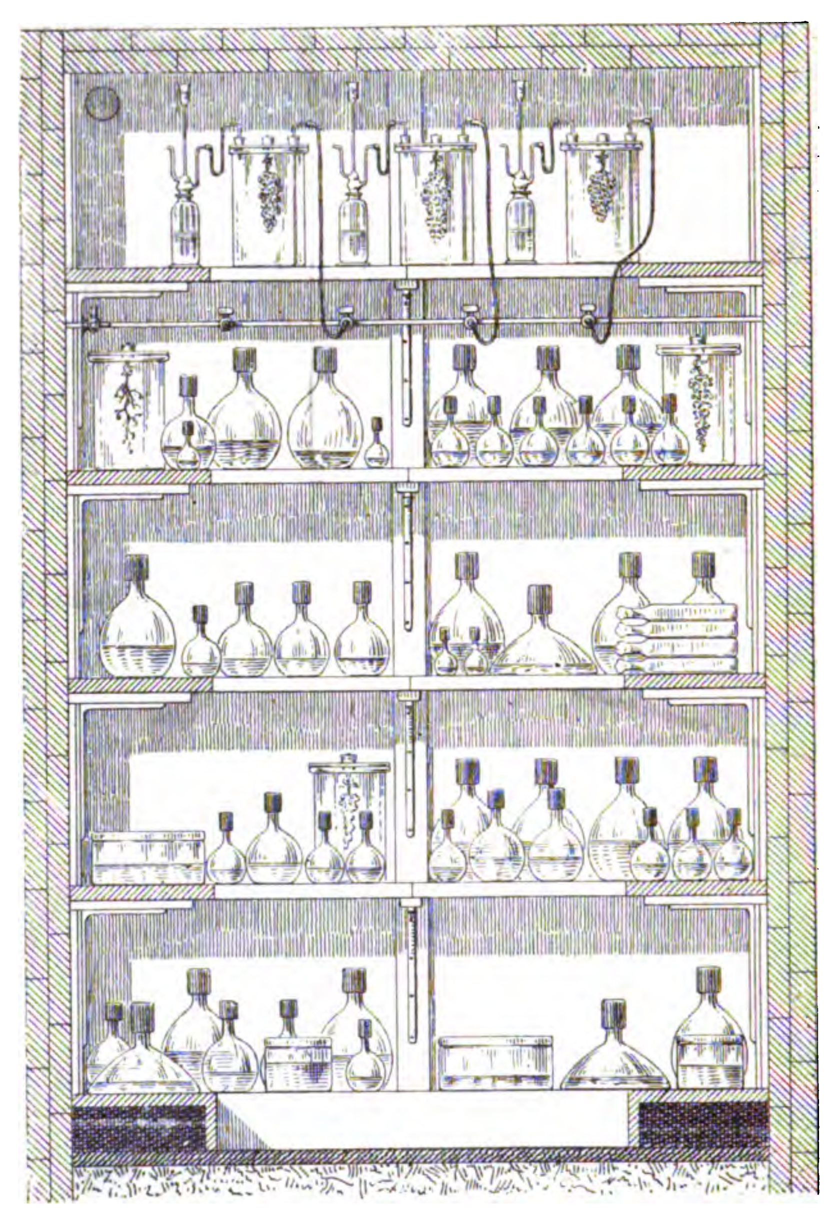


Fig. 35. — Salle de cultures, coupe suivant CD de la figure 33.

Les cultures en laboratoire ont été conduites tout d'abord dans les étuves de Roux et de Schribaux, et dans deux étuves construites sur nos indications pour des températures supérieures à 40°, ou disposées pour faire agir différemment la lumière ordinaire ou la lumière colorée. Une cave et une serre, la mise à notre disposition par la maison O. Decugis de chambres frigorifiques, ont aidé à nos travaux.

Mais les très nombreuses cultures comparatives qui étaient nécessitées pour certaines séries de recherches, l'étude sur ces cultures des milieux physiques variés (humidité, sécheresse, action des gaz, etc.) ont exigé une installation, sur un type nouveau, d'une assez grande salle étuve (fig. 33, 34, 35), à température fixe, et dans laquelle on put rassembler quantités de récipients de dimensions variées qui nous étaient nécessaires. Les recherches sur l'Anthracnose, par exemple, poursuivies pendant plus de trois années, de même que celles sur le Black-Rot, ont exigé la mise en marche simultanée de nombreuses séries se totalisant parfois par près d'un millier de récipients.

Dans la salle étuve, la température est maintenue constante entre 24 et 26 degrés par un poêle spécial à triple enveloppe (poêle Adnet) pourvu d'un régulateur automatique de température Roux. L'amenée du gaz a lieu par un tuyautage en cuivre et l'élimination des produits de la combustion est obtenue complète par un tirage énergique au moyen d'un tuyau fixé sur le poêle même.

La chambre étuve a 4m60 de long sur 2m75 de large et 2m25 de hauteur. Elle est entièrement entourée par d'autres salles du laboratoire ; les parois latérales et le plafond sont constituées par un double rang de briques de lièges de 0m14 d'épaisseur posées sur champ et noyées dans le plâtre qui les recouvre sur les deux faces (couche de 3 centimètres). Une forte porte en chêne ferme la salle de culture. Elle est percée, sur chacun des deux ventaux, d'une ventouse réglable pour favoriser le renouvellement de l'air.

A l'intérieur, la salle de culture est garnie sur ses parois de cinq rangs d'étagères, à 0m45 de distance les unes des autres. Ces étagères sont portées par des montants en chêne distants les uns des autres de 0m35 vissés dans les parois et allant du plancher asphalté au plafond. Les étagères reposent sur des supports en fer encastrés sur chaque montant, et l'on peut facilement les enlever ; ces étagères sont constituées par des planchettes de 0m30 de large sur 0m55 long. Elles sont entourées sur leur pourtour par une bride de chêne qui les empêche de se voiler. Elles sont retenues sur les montants à coupe oblique par un angle rentrant. On peut les enlever par séries quand on a de gros récipients à mettre en observation.

Sur la moitié de la salle, à droite, est installée, entre la quatrième et la cinquième étagère, une rampe de prise de vide avec robinets distants les uns des autres de 0m50 (fig. 35). La canalisation correspond dans une salle voi-

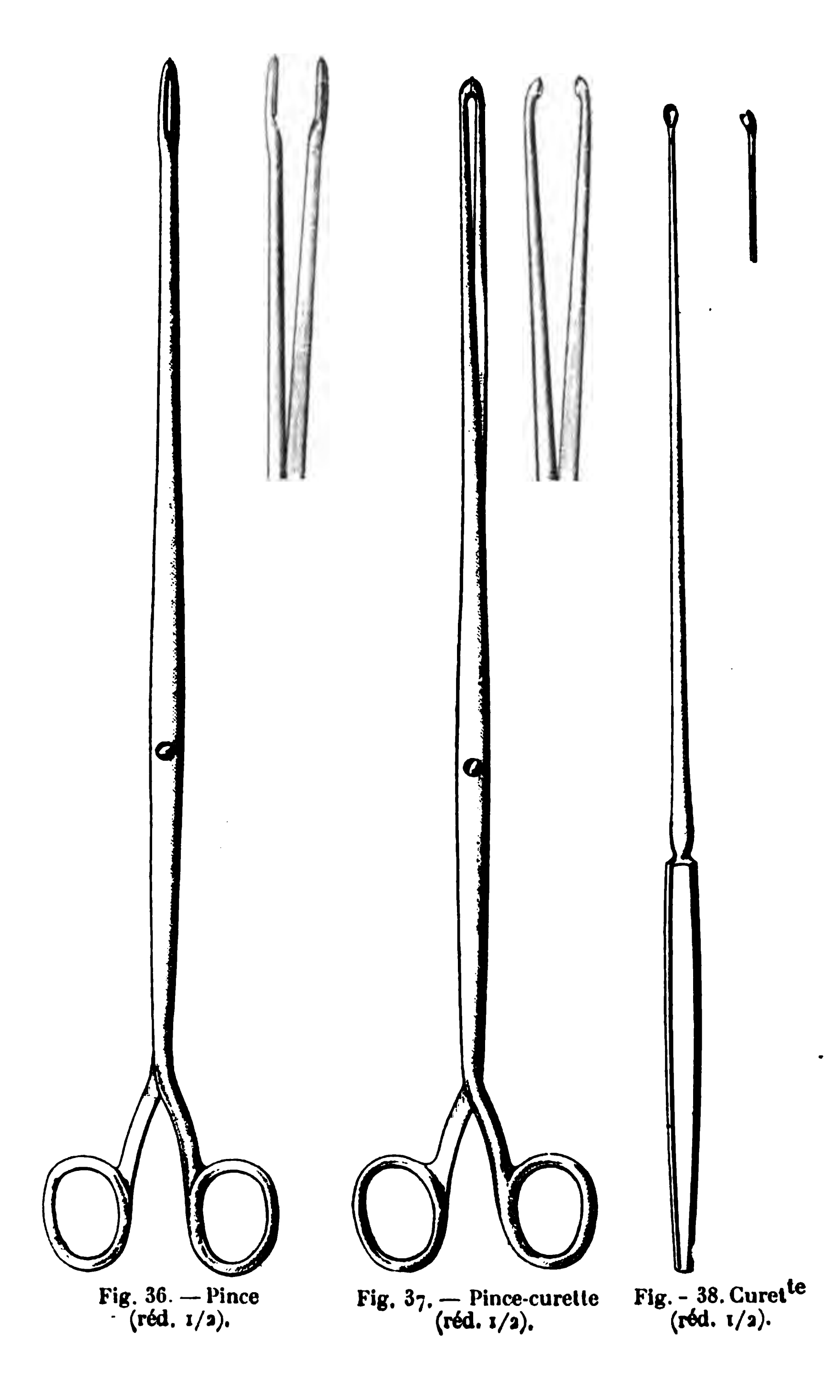


Fig. 36. — Pince (réd. 1/2).

Fig. 37. — Pince-curette (réd. 1/2).

Fig. - 38. Curette (réd. 1/2).

sine, à deux trompes Golaz. La pièce est éclairée par un bec Auer retourné. Elle est aérée par cinq bouches d'aspiration, l'une circulaire autour du tuyau d'élimination du poêle à gaz ; quatre autres aux quatre coins de la pièce. Les murs, les tablettes, sont peintes au ripolin à deux couches appliquées sur deux couches préalables de peinture ordinaire. On peut laver facilement les murs et les étagères avec des liquides antiseptiques. Thermomètres enregistreurs et thermomètres ordinaires sont disposés nombreux et à divers niveaux.

Les cultures en milieux artificiels sont faites dans les récipients variés usités en microbiologie. Pour l'étude de l'action des Champignons sur les milieux nutritifs et pour l'obtention de grosses masses mycéliennes, qui seules donnent certains corps reproducteurs, nous devons employer des matras d'une grande capacité.

Les voiles ou les trames mycéliennes qui se feutrent parfois sur une épaisseur de trois à quatre centimètres et qui forment un bloc continu sont difficilement dissociés par les fils de platine. Il faut en outre parfois prélever des points isolés ou bien dissocier et sectionner certaines parties pour l'étude microscopique. Pour ces prélèvements, lorsque le fil de platine ne peut pas être utilisé, nous avons dû avoir recours à divers appareils que nous avons fait construire par la maison Colin : pince (fig. 36), pince-curette (fig. 37), curette (fig. 38), ciseaux (fig. 39). La stérilisation préalable de ces appareils en acier nickelé est obtenue par les procédés ordinaires (four, autoclave, alcool).

Ces appareils ont une longueur totale de 33 centimètres. L'écrou de la pince et de la pince-curette sont à 10 centimètres des anneaux. Les branches, en acier très résistant, sont très rigides.

Fig. 39. — Ciseaux de culture (réd. 1/2.)

La pince-curette porte, au sommet des deux branches, deux curettes ovales, creuses, et coupantes sur les bords, de 5 m/m dans le grand axe. Elles

s'appliquent exactement l'une contre l'autre et permettent de détacher des fragments sans les écraser.

La pince du même type est terminée par deux mors plats, lisses. La

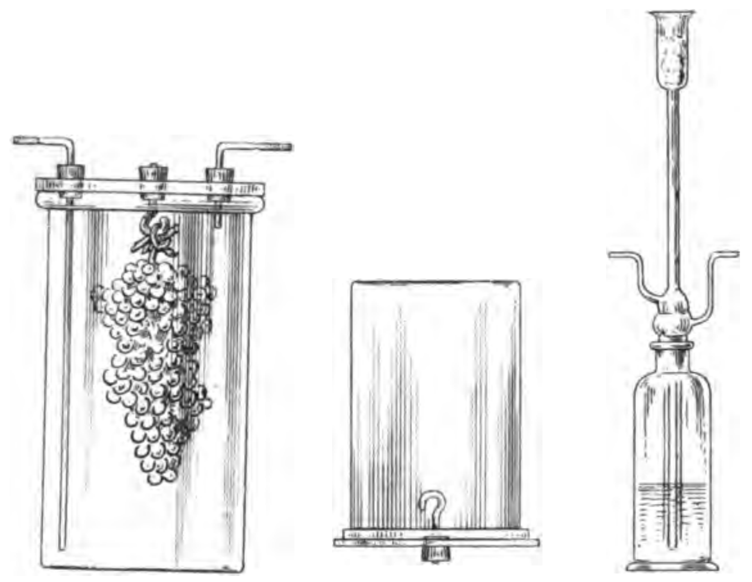


Fig. 40. — Conserve pour cultures (réd. 1/2).

Fig. 41. — Conserve pour cultures (1/2).

Fig. 42. - Barbotteur (réd. 1/2).

curette est une tige très fine terminée par un évidement en cuiller ovale coupante sur les bords. Les ciseaux sont formés de deux lames très effilées et très coupantes ; l'écrou est à 20 centimètres des anneaux.

Les inoculations des parasites dans le laboratoire sont faites sur fruits, sur rameaux ou sur feuilles dans des récipients blancs ou colorés construits à cet effet (maison Adnet). Les plus grandes de ces conserves cylindriques ont $0^{m}20$ de haut, $0^{m}15$ de diamètre et mesurent cinq litres. (fig. 40 et 41).

L'ouverture circulaire est finement rodée et fermée par un couvercle très épais en verre, rodé sur toute sa surface. Dans le cas de l'emploi d'un vide partiel ou d'aération spéciale, une lame de caoutchouc et des pinces fixent le couvercle. Celui-ci est percé, en son centre, d'une ouverture circulaire que ferme un bouchon en caoutchouc portant un crochet en verre pour suspendre les végétaux à inoculer. Les conserves où l'on modifie l'atmosphère sont, en outre, percées de deux trous obstrués par des bou-

chons de caoutchouc dans lesquels passent des tubes en verre coudé, l'un pénétrant jusqu'au fond de la conserve, l'autre engagé seulement à quelques centimètres. On peut déterminer ainsi un renouvellement de l'atmosphère de bas en haut ou de haut en bas.

Dans le cas d'une faible aération, les conserves ordinaires sont munies simplement d'une douille, à leur partie inférieure, obstruée par un tampon de coton ou un bouchon de caoutchouc garni d'un tube de verre fermé lui aussi par du coton. Barbotteurs (fig. 42), appareils à production de gaz, dessiccateurs, etc., complètent l'installation.

P. V. et P. P.

ESSAI

SUR

L'HISTOIRE DU GÉNIE RURAL

LA CHALDÉE ET L'ASSYRIE (*Suite*[1])

PAR

MAX RINGELMANN

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE
PROFESSEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS DE MACHINES

CHAPITRE II

TRAVAUX ET MACHINES AGRICOLES

Oannès et les génies ailés. — L'agriculture chaldéenne.

Nous avons raconté, dans le chapitre précédent, la légende du dieu Oannès, enseignant aux premiers représentants de l'espèce humaine les méthodes et les procédés applicables aux semailles et aux moissons; nous avons fait remarquer, qu'à ce point de vue, l'Oannès des Chaldéens présente beaucoup d'analogie avec l'Osiris des Égyptiens; cependant on doit reconnaître qu'Osiris, comme son peuple, est plus spécialement agriculteur que l'encyclopédique Oannès, apprenant aux hommes, en plus de l'Agriculture, les lettres, les sciences, les arts de toute sorte, les règles pour la construction des villes et des temples, etc.; c'est pour ce dernier motif que nous avons placé intentionnellement la légende d'Oannès et de ses successeurs en tête du chapitre des *Constructions rurales* de la Chaldée et de l'Assyrie.

(1) *Annales de l'Institut national agronomique*, 1903, 1904 et 1905.

Nous donnons en A, dans la figure 264, le dessin d'Oannès selon un bas-relief de Nimroud et à côté, en B, celui d'un des génies ailés provenant de Khorsabad.

On a beaucoup cherché le sens de ces figurations et, jusqu'à présent, certains veulent y voir la représentation des éléments, c'est-à-dire que le génie B (fig. 264), image de la terre, pourvu d'ailes, image de l'air, tient quelque chose qui ressemble à une pomme de pin, image du feu, et un vase à anse, image de l'eau.



Fig. 264. — Oannès (Nimroud) et un génie ailé (Khorsabad).

Nous pensons qu'on peut, avec autant de raisons, y trouver une représentation idéale de l'Agriculture; la pièce appelée pomme de pin par les archéologues étant la graine d'un végétal; le récipient à anse, comme nous le détaillerons plus loin, étant destiné aux semailles à la volée, c'est-à-dire à la dissémination des graines assurant la conservation des espèces.

Si nous avons mis en avant cette hypothèse de représentation idéale de l'Agriculture, que n'indiquent pas les assyriologues autorisés, c'est parce que les Chaldéens passent pour

avoir été de bons agriculteurs; leurs traités étaient déposés dans les bibliothèques sacrées placées dans chaque ville sous la surveillance des prêtres, c'est-à-dire des Savants de l'époque; leurs enseignements auraient été transmis aux Grecs, aux Arabes et, plus tard, aux populations de l'Irak, sous les Khalifes abbassides; on en retrouverait l'écho dans l'*Agriculture nabatéenne* d'Ibn Wahshîyah, au sujet de laquelle E. Renan (1) dit qu' « il se peut que la technique qui y est enseignée remonte bien réellement, pour les procédés, aux plus anciennes époques de l'Assyrie, de même que les *Agrimensores latini*, si récents sous le rapport de la rédaction, nous ont conservé des usages et des rites qui ne s'expliquent que par les *Brahmanas* de l'Inde, et qui se rattachent, par conséquent, aux âges les plus anciens de la race aryenne ».

Les moteurs. — Ouvriers; contrats de louage; la main-d'œuvre esclave. — Animaux; bœuf, âne, cheval, mulet, hémione et onagre; fouets.

Voyons ce qui concerne la main-d'œuvre rurale.

En outre du faire-valoir direct, la culture se pratiquait par fermage et par métayage (le propriétaire pourvoyait à tous les frais de l'exploitation et gardait les deux tiers de la récolte brute), mais le métayer, à certaines époques de l'année, avait recours à la main-d'œuvre libre, ses esclaves, ses femmes et ses enfants n'étant en nombre suffisant que pour les travaux courants; comme de notre temps, il avait surtout besoin d'aides supplémentaires lors des récoltes et « les temples lui en procuraient autant qu'il en souhaitait (2); le plus grand nombre de ces auxiliaires étaient pourtant des hommes libres, que leur famille engageait ou qui s'engageaient eux-mêmes pour un temps déterminé. C'était une sorte de servitude à terme dont la loi fixait les conditions.

(1) E. Renan : *Mémoire sur l'âge du livre intitulé Agriculture nabatéenne*, p. 38. — Gutschmid (*Kleine-Schriften*, t. II, pp. 5.8-753) admet à peine l'existence d'éléments babyloniens dans ce livre.

(2) Maspero : *les Origines*, p. 765.

L'ouvrier abdiquait sa liberté pour quinze jours, pour un mois, pour une année entière : il vendait un morceau de sa vie au maître provisoire qu'il s'était choisi, et, s'il n'entrait pas en fonction dès le jour convenu ou s'il ne déployait pas l'activité qu'on attendait de lui, il était passible de peines sévères. Il recevait en échange la nourriture, le logement et même l'habillement, et si quelque accident le frappait pendant la durée de son service, la loi lui accordait une indemnité proportionnée au dommage qu'il avait souffert (1). Sa solde moyenne oscillait entre le taux de 4 sicles d'argent et celui de 6 par année. L'usage lui allouait un sicle en guise de *denier à Dieu*, et il touchait le reste mois par mois quand la convention était à longue date, jour par jour quand il s'agissait d'une location momentanée ; on le payait souvent en grain. — Le mercenaire ne s'abaissait jamais à l'état de chose, ainsi que le serf ordinaire ; il gardait sa qualité d'homme, et il avait, pour défendre ses intérêts, un patron qu'on lui indiquait d'office ou qu'il élisait lui-même (2). Son temps achevé, il rentrait dans sa famille et reprenait ses occupations ordinaires jusqu'à l'occasion prochaine : beaucoup de très petits cultivateurs gagnaient ainsi, en peu de semaines, de quoi suppléer à la modicité de leur revenu personnel. D'autres recherchaient des emplois plus stables et s'enrôlaient comme valets de ferme ».

Dans le code de Khammourabi (3), datant de 2200 environ avant notre ère, il est dit : « 257. Si un homme a loué un travailleur des champs (?), il lui donnera par an huit *gour* de blé, — 273. Si un homme a loué un journalier, il donnera par jour six *chè* d'argent depuis le commencement de l'année jusqu'au cinquième mois ; depuis le sixième mois jusqu'à la fin de l'année, il donnera cinq *chè* d'argent par jour. »

(1) Rawlinson : *Cuneiform Inscriptions of Western Asia*, t. II, pl. 10, col. IV-I, 13-22, traduit par Oppert et Menant : *Documents juridiques de l'Assyrie et de la Chaldée*, pp. 58-59.

(2) Meissner : *Beiträge zum Altbabylonischen Privatrecht*, p. 10-11.

(3) V. Scheil : *La loi de Hammourabi*, 1904, p. 53.

Il nous faut dire ici quelques mots sur la main-d'œuvre esclave, alimentée par les fréquentes expéditions contre les peuplades voisines et dans lesquelles l'armée se comportait comme une troupe de bandits. Les esclaves, dit Maspero (1), étaient « comptés par têtes, comme du simple bétail; ils appartenaient au maître de la même façon que les bêtes de son troupeau ou les arbres de son jardin, et il pouvait décider de leur vie ou de leur mort à volonté (2), mais la coutume et l'intérêt bien entendu restreignaient l'exercice de ses droits. Il les livrait en gage ou en payement, les échangeait, se débarrassait d'eux sur un marché. Les prix ne montaient jamais bien haut : on pouvait se procurer une femme pour quatre sicles et demi d'argent pesé, et la valeur d'un adulte flottait entre dix sicles et un tiers de mine. On écrivait l'acte de vente sur une tablette d'argile, et on le remettait à l'acquéreur au moment du paiement : on brisait alors les tablettes qui constataient le droit du premier propriétaire et le transfert était complet (3). Le maître ne sévissait guère qu'en cas de désobéissance réitérée, de révolte ou de fuite (4); il arrêtait ses esclaves marrons partout où on les lui signalait, leur attachait les entraves aux jambes et les chaînes aux poignets, les déchirait à coups de fouet. En temps ordinaire, il les autorisait à se marier et à se fonder une famille (5), il plaçait leurs enfants en appren-

(1) G. Maspero : *Les Origines*, p. 743.

(2) Meissner : *Beiträge zum Altbabylonischen Privatrecht*, t. I, pp. 6-7.

(3) *Ibid.*, pp. 32-33.

(4) Il est question des esclaves fugitifs dans une des tablettes suméro-assyriennes publiées par Rawlinson : *Cuneiform Inscriptions of Western Asia*, t. II, p. 13, col. II, I, 6-14, et traduite par Oppert et Menant : *Documents juridiques de l'Assyrie et de la Chaldée*, p. 14, et par Fr. Lenormant : *Etudes Accadiennes*, t. III, p. p. 232-233; pour l'achat et la vente des esclaves fugitifs à l'époque du second empire chaldéen, voir Kohler-Peiser : *Aus dem Babylonischen Rechtsleben*, t. I, p. 5, 7.

(5) Les actes cités par Oppert : *la Condition des esclaves à Babylone*, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 1888, pp. 125-127, nous montrent ces familles d'esclaves; il semble même en résulter qu'on prenait soin dans les ventes de les céder en bloc, et qu'on évitait, autant que possible, de séparer les enfants du père et de la mère.

tissage, et dès que ceux-ci savaient un métier, il les établissait à son nom en leur laissant une portion du profit (1). On dressait les plus intelligents au rôle de commis ou d'intendants, on leur enseignait la lecture, l'écriture, le calcul, les notions essentielles au scribe habile ; on leur assignait la surveillance de leurs camarades ou l'administration des biens, et ils finissaient par devenir les hommes de confiance de la maison. Le pécule qui s'accumulait entre leurs mains pendant leurs années de jeunesse leur fournissait les moyens d'apporter quelques soulagements à leur situation : ils pouvaient se louer au dehors, moyennant une redevance, même acquérir des esclaves pour gagner à leur compte, comme eux-mêmes gagnaient au compte de leurs propriétaires (2)... Ils pouvaient se racheter et même payer la rançon de leur femme et de leurs enfants (3). A l'occasion, le maître, désireux de récompenser une longue fidélité, libérait quelques-uns d'entre eux de son plein gré, et sans attendre qu'ils eussent les objets ou le métal nécessaires : ils restaient ses clients, et continuaient, comme affranchis, les services qu'ils avaient commencé à rendre en tant qu'esclaves (4). Ils jouissaient alors des mêmes avantages et des mêmes droits que les gens de vieille race ingénue ; ils léguaient, ils héritaient, ils estaient en justice, ils acquéraient et ils possédaient des maisons et des terres. Leurs fils trouvaient bons partis parmi les filles de la bourgeoisie, selon leur éducation et leur fortune ; quand ils étaient intelligents, actifs et labo-

(1) Sur les apprentissages d'esclaves à l'époque du second empire chaldéen, voir Kohler-Peiser : *Aus dem Babylonischen Rechtsleben*, t. II, p. 52-56.

(2) Oppert : *la Condition des esclaves à Babylone (Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 1888, pp. 127-129) cite un esclave se louant lui-même à une tierce personne et un autre recevant en gage un esclave comme lui.

(3) Ce droit de rachat figure sur la tablette juridique suméro-assyrienne publiée par Rawlinson : *Cuneiform Inscriptions of Western Asia*, t. II, pl. 43, col. II-I, 15-18 et traduit par Oppert et Menant : *Documents juridiques de l'Assyrie et de la Chaldée*, p. 14. — Meissner : *Beiträge zum Altbabylonischen Privatrecht*, p. 7.

(4) Oppert : *la Condition des esclaves à Babylone (Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 1888, p. 122.)

rieux, rien ne les empêchait de se hausser aux emplois les plus importants auprès du prince. Si nous ignorions moins l'histoire privée des cités chaldéennes, nous y verrions sans doute que les éléments d'origine servile y ont pesé d'un poids considérable ; à remonter quelques générations en arrière, combien renfermaient-elles de grandes familles qui ne comptassent pas un affranchi ou un esclave parmi leurs ancêtres ? »

Les animaux moteurs étaient : le bœuf sans bosse ou à bosse analogue à celui de l'Inde (1), l'âne, puis le cheval. Les bœufs, comme les bestiaux et les scènes agricoles, sont très peu représentés par les sculpteurs assyriens relativement aux nombreux documents fournis par l'antique Égypte ; les artistes font toujours marcher les animaux à l'amble (sans que nous sachions pourquoi).

Les textes chaldéens ou assyriens définissent assez mal les animaux : le nom de bœuf se donnait même à l'hippopotame *(bœuf de rivière)* (2) ; le cheval (3) est désigné par les Assyriens à l'aide d'un ensemble de signes dont la traduction littérale serait l'*âne de l'Est* (4), et le chameau est indiqué par d'autres signes où le caractère *âne* entre également. Ces façons de rendre le nom des deux espèces montre bien qu'elles étaient inconnues aux temps les plus anciens et l'époque de leur importation est encore ignorée (5). Les assy-

(1) Des sortes de buffles à cornes gigantesques figurent sur le sceau de Shargani-Shar-Ali, roi d'Agadé (Sargon l'Ancien, vers 2800 avant notre ère) (d'après MENANT : *Catalogue de la collection de Clercq*, I, pl. V, n° 461).

(2) D'après une note de V. SCHEIL qui nous a été communiquée par M. XAVIER CHARMES.

(3) MASPERO : *Les Origines*, p. 570, note 4.

(4) Ce qui pourrait signifier que le cheval aurait été importé des pays situés à l'Est de l'Assyrie, c'est-à-dire du côté de l'Asie centrale ; c'est l'opinion de PIÉTREMENT : *Les chevaux dans les temps préhistoriques et historiques*, pp. 355-358 ; W. HOUGHTON : *On the Mammalia of the Assyrian sculptures*, dans *Transactions de la Société d'archéologie biblique*, t. V, pp. 50-52.

(5) MASPERO : *Les Origines*, p. 770, dit que le cheval s'acclimata rapidement et le pays produisit même des mulets superbes ; dans *les Premières mêlées des peuples*, p. 33, note 1, le même auteur attribue l'introduction du cheval et du char de guerre aux Sumériens, qu'il suppose être des Scythes venant de l'Asie centrale et septentrionale. (BILLERBECK : *Susa*, p. 24.)

riologues croient voir un char attelé sur la fameuse *Stèle des Vautours* (1) datant d'Eannadou (vers 3000 avant notre ère).

Dans la traduction des *cylindres de Goudéa* (2600 avant notre ère), publiée récemment par M. François Thureau-Dangin, il est fait mention du bœuf, du chevreau (2), de vaches, de moutons, de brebis (3) ; on y parle beaucoup d'un *baudet* nommé *Ug-kas* (4) et, plus loin, *Ud-gu-du(g)-du(g)*, qui était attelé au char de Goudéa ; ainsi que du faible ânon, l'âne d'Eridu. Le baudet (5) serait représenté par le mot *ansu-dun-ur*, l'âne serait désigné par *ansu* et l'ânon par *ansu-sig*. Le cylindre B, col. XV, dit : « 10, pour disposer des bœufs (sous le) joug ; — 12, pour faire porter aux ânes leur bât ». — Il semble, selon la traduction de M. François Thureau-Dangin, que Goudéa avait un char attelé d'un seul âne étalon, que les ânes et ânesses servaient de bêtes de somme et que le bœuf était utilisé comme animal de trait.

Au sujet des animaux moteurs, la loi de Khammourabi ne mentionne que les bœufs et les ânes; elle ne fait aucune allusion au cheval, qui lui semble inconnu; voici (6) les articles de ce code qui intéressent ce chapitre de notre Etude : « 224. Si le médecin des bœufs ou des ânes a traité d'une plaie grave un bœuf ou un âne, et l'a guéri, le maître du bœuf ou de l'âne donnera au médecin, pour son salaire, un sixième (de sicle ?) d'argent. — 225. S'il a traité un bœuf ou un âne d'une plaie grave et a causé la mort, il donnera le quart de son prix au maître du bœuf ou de l'âne. » Les vétérinaires de l'époque devaient donc bien réfléchir sur l'ar-

(1) Nous croyons que ce n'est qu'une hypothèse, car la portion de la stèle où se trouveraient le ou les animaux est détruite.

(2) Cylindre A, col. I, 14 ; col. XVII, 7 ; col XXI, 21 ; col. XXII, 23; cylindre B, col. XVIII, 17, 19.

(3) Cylindre B, col. I. 17; col. IV, 7, 8, 9; col, V, 20; col. VII, 4; col. XXVIII, 8; col. XXX, 7.

(4) Cylindre A, col. V. 10; col VI, 12, 18; col. VII, 20; — cylindre B, col IX, 16, 18, 19; col. XIII, 19.

(5) Il s'agit probablement d'un âne étalon ou d'un âne de trait.

(6) V. Scheil : *La Loi de Hammourabi.*

ticle 225 de la loi avant d'accepter de soigner un animal! Comme on ne nous dit pas qu'ils étaient obligés d'exercer leur art à toute réquisition, nous concluons qu'ils ne devaient fonctionner que pour les cas qu'ils jugeaient capables de rentrer dans l'article 224 de la loi, laquelle semble bien conçue pour protéger les propriétaires d'animaux contre le manque d'expérience ou l'ignorance des « médecins des bêtes » (1).

Voici les autres articles relatifs au travail des animaux : « 241. Si un homme a contraint le bœuf (d'un autre) au travail forcé (c'est-à-dire exagéré), il payera un tiers de mine d'argent. — 242. Si un homme (le) prend à bail pour un an : prix de location d'un bœuf de labour : quatre *gour* de blé. — 243. Prix de location du bœuf de somme (?) : il donnera trois *gour* de blé au propriétaire (2). — 244. Si un homme a loué un bœuf ou un âne, et si dans les champs, un lion l'a tué, c'est pour son maître (qu'il est tué). — 245. Si un homme a loué un bœuf et si, par de mauvais soins ou par des coups, il l'a fait mourir, il rendra bœuf pour bœuf au maître. — 246. Si un homme a loué un bœuf, a brisé son pied, ou bien a coupé sa nuque (3), il rendra bœuf pour bœuf au maître du bœuf. — 247. Si un homme a loué un bœuf et a crevé son œil, il donnera au maître du bœuf la moitié de sa valeur en argent. — 248. Si un homme a loué un bœuf, a brisé sa corne, coupé sa queue ou tranché le dessus du museau (4), il donnera le quart de sa valeur en argent. — 249. Si un homme a loué un bœuf, et si Dieu (un accident) l'a frappé et s'il est

(1) Dans le chapitre précédent, nous avons eu l'occasion de montrer que la loi de Khammourabi n'était pas tendre pour les architectes!

(2) La traduction de *bœuf de somme* est une hypothèse dont nous parlons plus loin ; si elle était exacte, cela nous indiquerait qu'on employait le bœuf pour les transports à dos.

(3) Probablement par le harnais, qui était un joug de garrot.

(4) Probablement par une corde ou un anneau de conduite, à moins qu'il s'agisse d'une blessure faite avec un instrument tranchant ; à ce sujet, nous dirons que les Soudanais, pratiquant la vaccination contre la péripneumonie, ont actuellement l'habitude de faire une incision sur le chanfrein ou de découper dans la muqueuse nasale des bovins une languette qui pend sur la lèvre supérieure de l'animal.

mort, celui qui l'a pris en location en jurera par le nom de Dieu, et il sera quitte. — 250. Si un bœuf, sur la rue, dans sa course a poussé (des cornes) un homme et l'a tué, cette cause ne comporte pas de réclamation. — 251. Si le bœuf d'un homme, a frappé (souvent) de la corne, lui a fait connaître son vice et s'il n'a pas rogné ses cornes ni entravé son bœuf, si ce bœuf a poussé de la corne un fils d'homme libre et l'a tué, il payera une demi-mine d'argent. — 252. Si c'est un esclave d'homme libre, il donnera un tiers de mine d'argent. — 258. Si un homme a loué un bouvier, il lui donnera 6 *gour* de blé par an. — 261. Si un homme a loué un pâtre pour bœufs et moutons, il lui donnera, par an, 8 *gour* de blé. » Les articles 262, 263, 264 et 265 sont relatifs aux obligations du pâtre de bœufs et de moutons.

Le bœuf de somme, dont il est fait mention à l'article 243 de la loi de Khammourabi, est très vraisemblable (1), et comme l'animal porteur est plus facile à dresser que l'animal de trait, il n'y a rien de surprenant à ce que les prix de location des deux moteurs soient dans le rapport de 3 à 4, comme l'indiquent les articles 242 et 243.

« L'hémione et l'onagre erraient par petites bandes entre le Balikh et le Tigre (2). Il semble qu'on ait essayé de les apprivoiser à une époque très ancienne et de s'en servir pour tirer des chariots, mais cette tentative ou ne réussit pas, ou donna des résultats si incertains qu'on y renonça dès que l'on connut des espèces moins réfractaires à la domestication (3) ».

Au sujet des équidés sauvages représentés sur les bas-reliefs assyriens, nous avons prié notre collègue M. Alfred Mallèvre d'examiner les documents et de nous donner une

(1) Cet animal est désigné par le signe du bœuf, suivi d'un signe non assimilé et enfin par celui de *sommet*, *haut* ou *tête*. (Note de V. Scheil communiquée par M. Xavier Charmes.)

(2) Maspero : *Les Origines*, p. 559.

(3) Selon W. Houghton (*On the Mammalia of the Assyrian Sculptures*, dans les *Transactions de la Société d'Archéologie biblique*, t. V, pp. 379-380) l'onagre représenté sur les monuments paraît être l'*Equus Hemippus*. — Xénophon : *Anabase*, I, 5 ; Layard : *Nineveh and its remains*, t. I, p. 324; G. Rawlinson : *The Five Ancient Monarchies*, t. I, pp. 222-225.

note correspondant à l'état de nos connaissances actuelles sur cette question de zootechnie. « Les archéologues, nous écrit M. Mallèvre, regardent comme des onagres (*Equus onager*) ou ânes sauvages de l'Asie occidentale, les animaux dessinés sur les bas-reliefs assyriens représentant la chasse aux équidés sauvages. Ils se fondent pour cela sur le caractère fourni par la queue garnie de crins longs à l'extrémité seulement, pendant que la partie basilaire de cet organe en est dépourvue. Des découvertes nouvelles ont permis de mettre en doute l'exactitude de cette manière de voir. »

« On sait maintenant de façon certaine qu'il existe des chevaux ayant la queue privée de crins longs vers sa base : tel le cheval sauvage de la Mongolie (*Equus Przewalskii*) (1); tels aussi, parmi les chevaux domestiques, certains poneys du nord-ouest de l'Europe dont le naturaliste anglais C. Ewart a fait récemment son *Equus caballus celticus.* »

« Un zoologiste bien connu, C. Keller, de Zurich, constatant que les équidés sauvages représentés sur les bas-reliefs assyriens possèdent une tête de cheval à oreilles courtes contrastant avec la tête asinienne à oreilles plus longues de l'onagre, prétend que ces équidés sauvages sont des chevaux et non des onagres (2). Il précise même en émettant l'hypothèse qu'il s'agit là d'une variété de l'*Equus Przewalskii.* »

« Un savant archéologue anglais, Ridgeway (3), vient, il est vrai, de rejeter l'interprétation de Keller et d'affirmer à nouveau que les équidés en question sont bien des onagres. Il appelle l'attention sur les bas-reliefs assyriens montrant des chevaux domestiqués et harnachés, à queue garnie de crins longs dès la base et sur toute la longueur de cet appendice.

(1) Voir à ce sujet ce qui est relatif aux gravures préhistoriques du cheval, provenant de la caverne des Combarelles, dans la première division de notre Essai : PÉRIODE PRÉHISTORIQUE (p. 8), *Age de la pierre polie.*

(2) C. KELLER : *Die Abstammung der ältesten Haustiere ;* Zürich, 1902.

(3) RIDGEWAY : *The Origin and Influence of the Thoroughbred Horse*; Cambridge, 1905.

Mais, contrairement à ce que semble penser Ridgeway, on ne voit pas qu'il soit impossible d'admettre l'existence simultanée, en Assyrie, de ces chevaux domestiques répondant à l'*Equus caballus* et de chevaux sauvages, à queue incomplètement garnie de crins, plus ou moins analogues à l'*Equus Przewalskii*. L'interprétation de C. Keller ne saurait donc être repoussée aussi facilement. Quant à soutenir avec ce dernier que ces équidés sauvages, représentés sur les bas-reliefs assyriens, doivent être la souche des chevaux domestiques que nous appelons maintenant arabes ou orientaux, c'est là, évidemment, une toute autre question. »

Dans la figure 265, nous donnons en A la vue d'un fouet à double lanière cordelée, qu'on voit sur une intaille chaldéenne du Musée du Louvre, représentant l'adoration de « la masse et du fouet » ; — en B le fouet des conducteurs de bœufs à la charrue (de la figure 271); ce fouet est à manche *b* assez court et la lanière *l* est garnie d'un gros nœud *n* qui se prolonge par une mèche courte *m* ; — en *c* le fouet, qui semble être une simple cravache, des conducteurs de chevaux de char de guerre ou d'apparat, figuré sur les portes de Balawât (British Museum) et sur d'autres documents.

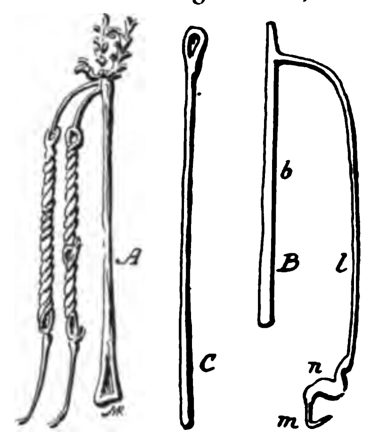


Fig. 265. — Fouets chaldéens et assyriens.

Les camélidés ne sont mentionnés que dans les inventaires des butins pris à l'ennemi : on trouve le dromadaire des Bédouins du désert, ainsi que le chameau à deux bosses de la Bactriane (obélisque de Salmanasar) et du Gilzân (1) (portes de Balawât).

L'éléphant paraît avoir habité anciennement la région

(1) Gilzân, une des régions arméniennes de l'Ourartou, du mont Ararat à la mer Caspienne.

moyenne de l'Euphrate, mais on ne le signale plus à partir du XIIIe siècle avant notre ère, alors qu'il était considéré comme une curiosité ; en tous cas, dans le pays et à l'époque qui nous occupe, l'éléphant était chassé et n'a jamais été utilisé comme moteur.

Travaux de culture. — Outils en fer trouvés à Khorsabad. — Le labourage chaldéen. — Charrues élamites ; socs assyriens. — Essai de restauration de la charrue ; labour.

Nous avons vu, au chapitre des *Constructions rurales*, que les Assyriens connaissaient le fer et que Place a trouvé 160 tonnes de pièces travaillées déposées dans un des magasins du palais de Khorsabad : il y avait des masses (fig. 266), des bouchardes (fig. 267 et 268) propres à tailler les pierres, mais pourvues d'un trou bien petit pour recevoir un manche. Se basant sur ce qu'il voyait aux environs de Mossoul, Place (1) croit que les ouvriers d'alors se servaient de ces pics sans manche, en passant un pouce dans le trou qui traverse la pièce, tenue à deux mains, pour frapper sur la pierre comme à coups de poing ; certains de ces outils pesaient jusqu'à 12 kilogs. (Faisons remarquer que les pièces des figures 267 et 268, considérées par Place comme étant des bouchardes, présentent la plus grande similitude avec les lopins de fer des ateliers métallurgiques de l'époque gauloise, trouvés à Saint-Molf, près de Guérande) (2).



Fig. 266. — Masse en fer (Khorsabad).

La figure 269 donne la vue de chaînes et de grappins; des clous, des anneaux, etc., ont été trouvés avec les pièces précédentes ; il y avait des grappins d'environ 1 mètre de

(1) PLACE : *Ninive et l'Assyrie*, t. I, p. 88.

(2) Ch. DAREMBERG et Edm. SAGLIO : *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*, t. II, p. 1086.

longueur et certains d'entre eux pesaient une vingtaine de kilogs. — Des chaînes analogues à celles de la figure 269 ont bien pu être utilisées comme chaînes de traction.

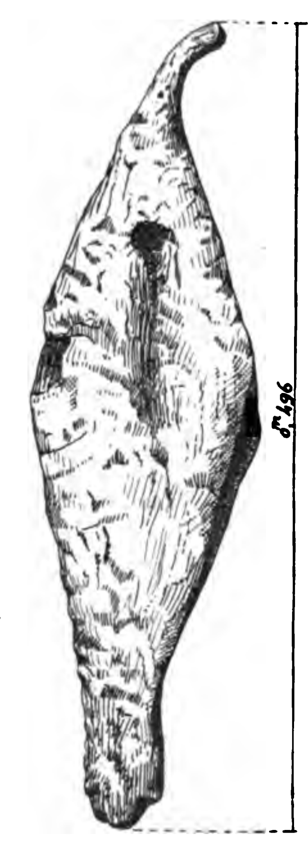


Fig. 267. — Boucharde en fer (Khorsabad).

De très nombreux fers de pioche (fig. 270) ont été aussi découverts par Place dans le même magasin de Khorsabad ; ces pioches, identiques à celles en usage actuellement dans le pays, pesant de 14 à 16 kilogrammes, « étaient évidemment à l'usage des terrassiers ordinaires, mais il fallait, pour s'en servir, une race douée d'une singulière vigueur..... Je fis essayer ce fer, ajoute Place, par le forgeron employé aux fouilles, et cet ouvrier me déclara qu'après le fer de Perse, dont la réputation est méritée, il n'en avait jamais travaillé de meilleur ; la rouille était toute superficielle et disparaissait au feu, laissant un métal de première qualité, malléable sous le marteau — Mes ouvriers arabes me témoignèrent du désir d'en faire également l'essai, ils colorèrent leur requête du prétexte, plus ou moins spécieux, de recueillir avec du fer assyrien le grain semé en automne dans les sillons creusés à l'aide d'un soc assyrien (1). Je fis donc forger quelques faucilles à l'époque de la récolte et tous les moissonneurs m'ont assuré n'avoir jamais employé de meilleurs instruments. — J'ai moi-même utilisé ce fer dans les

(1) Nous parlerons de cette anecdote dans un instant.

travaux, et j'ai eu tout lieu d'être satisfait ; dans aucun cas, ce fer, vieux de vingt-cinq siècles, ne s'est montré de qualité inférieure au fer neuf employé concurremment..... — Le fer

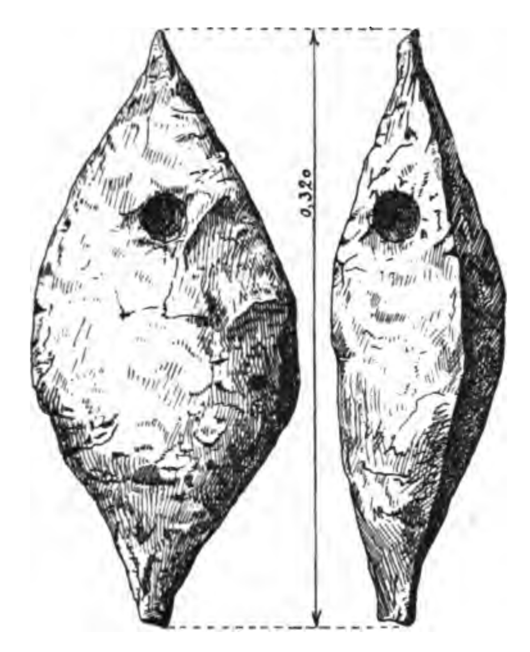


Fig. 268. — Bouchardes en fer (Khorsabad).

des pics est encore remarquable par sa sonorité. Il est d'une qualité si supérieure, et dans un état de conservation si parfait, que, frappé avec un marteau, il résonne comme un timbre (1). Quelques personnes ont pu l'éprouver, et en sont venues à se demander si ces morceaux de fer n'auraient pas fait partie d'un instrument de musique à percussion ». Il est regrettable qu'on n'ait pas cherché à faire analyser des échantillons de ce fer.

Pour ce qui concerne les instruments agricoles et les travaux de culture, les documents que nous avons pu

(1) Cela prouve que ces pièces étaient très bien forgées et ne présentaient pas de *pailles*.

recueillir sont des plus rares ; c'est Ninib qui était, entre autres choses, le dieu des laboureurs (1) ; les instruments employés ont dû présenter une grande analogie avec ceux des Égyptiens et on devait suivre les mêmes procédés culturaux. La figure 271 représente le labourage chaldéen, d'après une intaille du Cabinet des Médailles de la Bibliothèque nationale (2) ; nous y voyons deux petits bœufs mal dressés, car il fallait un individu avec un fouet ou un bâton pour conduire chaque animal ; le laboureur tient les deux mancherons de la charrue et le chantier est complété par un homme qui porte au bras gauche un sac à semences analogue à celui des Égyptiens et d'Oannès.

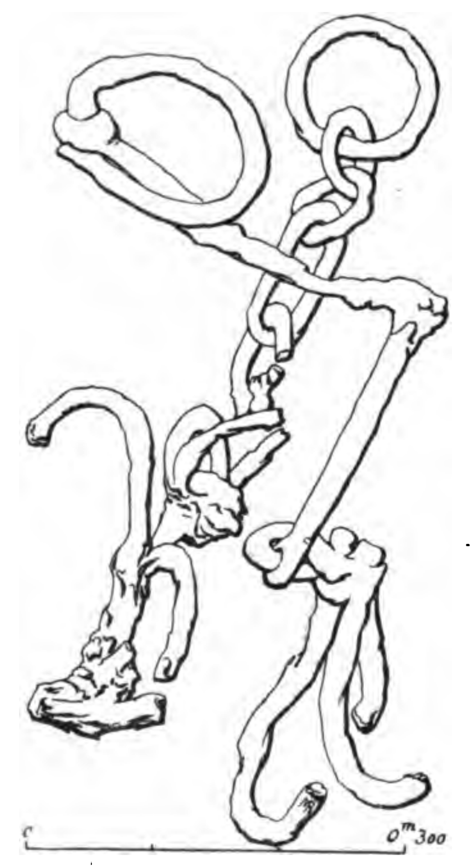


Fig. 269. — Silhouettes de chaînes en fer trouvées à Khorsabad.

Dans le code des lois de Khammourabi (3) nous signalerons l'article 260 qui dit que si un homme a volé une charrue il donnera trois sicles d'argent ; cette somme devait représenter,

(1) A. Jeremias : *Izdubar-Nimrod*, p. 46.
(2) Chabouillet : *Catalogue général*, n° 931. — Lajard : *Introduction à l'Histoire du Culte public et des Mystères de Mithra en Occident et en Orient*, pl. XXXIV, n° 5 ; — Maspero : *Les Origines*, p. 765.
(3) V. Scheil : *La loi de Hammourabi*, 1904, p. 51.

très probablement, la valeur de la machine supposée neuve plus une forte indemnité à titre de dommages-intérêts.

Dans ses fouilles de Suse, M. J. de Morgan a trouvé un grand nombre de koudourrous, ou bornes-limites de propriété (1) rédigées en langue babylonienne et que le P. Scheil place à l'époque des rois Kassites de Babylonie et d'Elam ; sur deux de ces pièces gravées, qui sont aujourd'hui au Musée du Louvre, nous avons relevé les croquis des figures 272 et 273. La fig. 272 appartient à une borne datée de 1680 avant notre ère et la figure 273 provient d'une pierre contemporaine du roi Mélichikhou (de 1144 à 1130). Dans ces deux figures, on distingue l'age courbé A ou A' (2), les mancherons *m* et *m'*, le sep S devant se terminer par un soc métallique *o*, un étançon d'avant E pourvu d'un appareil R servant à régler l'entrure de la charrue, c'est-à-dire la profondeur du labour.

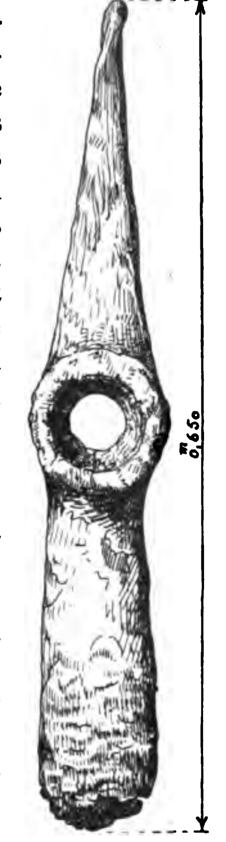


Fig. 270. — Pioche en fer (Khorsabad).

Comme pour la figure 271, il convient pour les figures 272 et 273 de tenir compte de l'imperfection des dessins exécutés par des graveurs qui, tout en étant artistes, n'étaient ni ingénieurs ni agriculteurs; nous avons déjà fait cette observation à propos de certains dessins de charrues égyptiennes (fig. 79 et 80) ; d'ailleurs nous pourrions citer diverses statues exécutées à notre époque, où, à côté d'un agronome, l'artiste a éprouvé le besoin de

(1) Ayant la même configuration que le Caillou Michaux que nous avons donné à la figure 180 dans le précédent chapitre : *Constructions rurales*.

(2) Un oiseau, qui ressemble vaguement à un pigeon posé sur un perchoir est indiqué en avant de l'age A de la figure 272, tandis qu'il y a quelque chose analogue à un poulet gravé au-dessus de l'age A' de la figure 273.

placer une charrue qu'il serait impossible de faire tenir un instant en terre; pourtant ces artistes avaient ou pouvaient facilement avoir une de nos charrues actuelles sous les yeux;



Fig. 271. — Labour chaldéen (Intaille de la Bibliothèque nationale).

dans un haut-relief, inauguré récemment, on trouve des bœufs de labour qui sont bien médiocres au point de vue zootechnique; d'après cela, il y a donc lieu d'être très indul-

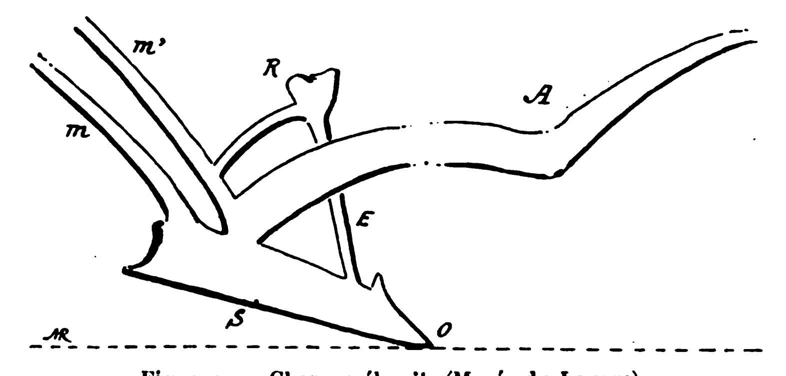


Fig. 272. — Charrue élamite (Musée du Louvre).

gent pour les graveurs chaldéens et élamites et ne pas trop prendre au pied de la lettre les silhouettes schématiques qu'ils nous ont laissées relativement aux charrues, d'autant plus que nous n'avons que les trois exemplaires des figures 271, 272 et 273; par contre nous aurons, dans un instant,

un document des plus précis avec des socs en fer trouvés par Place.

Dans le beau palais bâti par Sargon, auprès du petit village actuel de Khorsabad, à proximité de Ninive, Place (1) a relevé sur le socle du mur de la cour du harem, une décoration en briques émaillées, de 1m 12 de hauteur; chacune des deux parties de cette ornementation représente successivement : un personnage important, un lion, un aigle, un taureau, un figuier (que d'autres prennent pour un pommier), puis « un objet assimilable, sous plusieurs rapports, à une

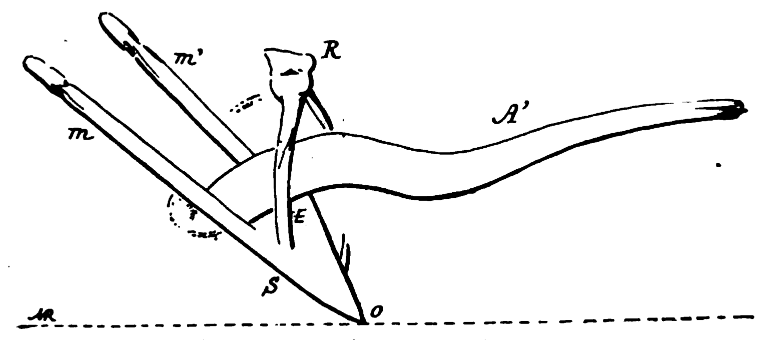


Fig. 273. — Charrue élamite (Musée du Louvre).

charrue », dit Place, probablement parce qu'il ne savait pas ce que cela pouvait bien être, et sa supposition a été admise, sans aucune vérification, par un grand nombre de personnes incompétentes qui nous servent cet objet comme étant une charrue assyrienne.

La figure 274 donne le dessin de cette prétendue charrue (2) dont l'emploi nous paraît bizarre dans la décoration d'une maison bien close à l'usage d'un roi. D'ailleurs, la supposition de Place est d'autant plus invraisemblable qu'il nous parle de roues, croyant que les charrues assyriennes devaient être analogues à certaines de nos charrues actuelles de

(1) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. I, pp. 116-119.

(2) La charrue est en jaune sur le fond bleu.

France ; il ignorait, comme beaucoup de monde, qu'il nous faudra parcourir encore plusieurs siècles après Sargon pour trouver un ensemble de conditions nécessitant l'emploi des charrues à roues. Dans notre pensée, la critique que nous formulons ici n'amoindrit en aucune façon l'œuvre de Place, que nous admirons, et à laquelle nous avons fait quantité d'emprunts, mais cet archéologue recherchait avant tout de l'architecture et des motifs artistiques et n'avait pas

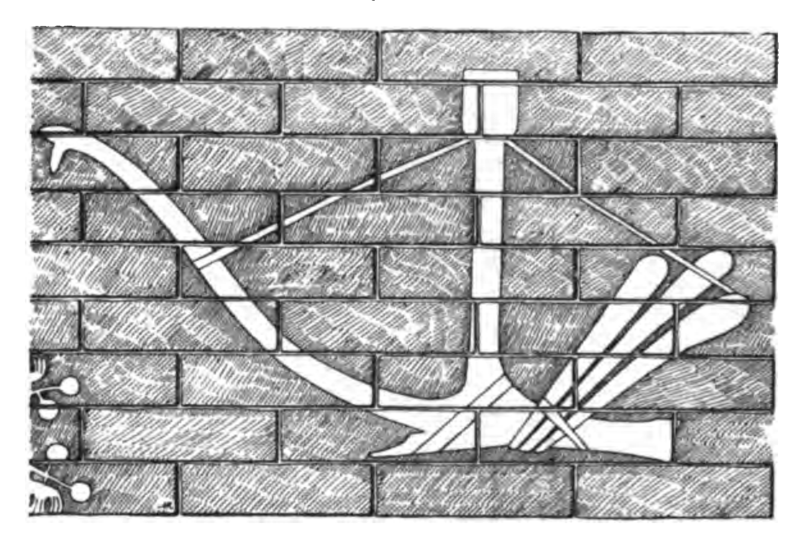


Fig. 274. — Prétendue charrue assyrienne (Khorsabad).

étudié le *Génie Rural ;* nous devons toujours avoir beaucoup de reconnaissance envers tous ceux qui assument le travail si délicat et si pénible des fouilles au milieu d'une foule de dangers, mais ce n'est pas un motif suffisant pour les suivre aveuglément, au point de vue technique, dans toutes leurs déductions.

Voici ce que dit Place : « L'examen de cet objet (de la figure 274) nous a laissé dans une grande incertitude ; aucun bas-relief ne représente une scène où figure une charrue ninivite, et rien ne nous renseigne sur la forme de cet ins-

trument en Assyrie (1). L'absence de roues vient compliquer la difficulté d'interprétation, la partie antérieure peut seule servir à nous guider; la tige, projetée en avant, a une certaine ressemblance avec le timon des chariots assyriens où sont attelés des bœufs, et le crochet terminal pouvait se fixer à un double joug (2); la pointe aiguë placée sous ce timon a beaucoup de rapport avec un soc de charrue. Ces indications, sans être concluantes, ont cependant une certaine valeur, et l'on peut y ajouter les palettes de l'arrière, analogues au manche dont les charrues modernes sont munies... » Plus loin, entraîné par ses conjectures, Place explique ainsi l'ensemble du tableau : « le lion et l'aigle, dominateurs souverains sur la terre et dans les airs ne servaient-ils pas à désigner la puissance de l'empire assyrien ? Le taureau venait ensuite comme emblème de la force utile et productive ; le figuier, employé si souvent dans le style oriental comme image de la fécondité, représentait les fruits de la terre, et la charrue rappelait la nécessité du travail qui engendre l'abondance. En avant de ces figures, à la fois naturelles et symboliques, marchait le roi, maître absolu de la puissance et de la richesse, tandis que son ministre, muni des attributs du pasteur (une sorte de houlette) semble chargé de maintenir l'ordre dans les forces faisant cortège au souverain. Le tout encadré par une bordure de rosaces blanches, dans lesquelles on peut voir la représentation des astres, a pour fond une teinte bleue, image du ciel : ce serait donc un tableau de la nature personnifiée au point de vue de l'esthétique assyrienne ».

Dans une des chambres à coucher du harem, Place (3) a trouvé des pièces en bronze repoussé représentant des petits sujets exécutés avec une grande finesse de détails ; « malgré

(1) Voir cependant les figures 271, 272 et 273, que Place ne connaissait pas alors.

(2) Place doit vouloir parler de ce que nous appelons le *joug double*.

(3) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. I, p. 192.

l'oxydation occasionnée par un long séjour dans la terre, on distinguait dans ces morceaux les corps de plusieurs personnages et de différents animaux »; l'ensemble de ces pièces reproduit les divers motifs de la décoration en briques émaillées de la cour du harem, et, dans sa planche n° 72, Place donne la vue de tous ces fragments parmi lesquels nous copions la figure 275 qui paraît bien se reporter à quelque chose d'analogue à la prétendue charrue reproduite dans la figure 274; cependant Place n'insiste pas sur ce détail et ajoute seulement que « le bronze était traversé, sur plusieurs points, de petits trous dans lesquels des clous de même métal étaient encore engagés. On pourrait en conclure que ces bas-reliefs métalliques auraient été appliqués à une balustrade en bois qui fermaient l'escalier (de l'alcôve); peut-être encore étaient-ils posés sur le bois du lit occupant le fond de l'alcôve ».

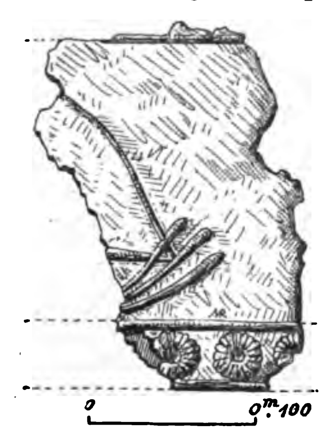


Fig. 275. — Fragment en bronze repoussé trouvé à Khorsabad.

Tout à l'heure, nous pouvions être surpris de voir une charrue représentée plusieurs fois dans un harem, et où les trois palettes de l'arrière figuraient un manche; maintenant nous sommes encore plus étonnés de voir cette prétendue charrue employée comme ornement en bronze d'un lit de plaisir.

Si nous avons détaillé tout ce qui précède, c'est parce qu'en 1880 ou 1881, tout à fait au début des recherches dont nous résumons les résultats dans le présent *Essai*, ayant admis, comme on le croit encore, que les documents précédents représentaient bien une charrue, nous avons consacré, à de nombreuses reprises et sans aucun succès, beaucoup de temps pour tâcher d'arriver à en faire une restitution capable d'être acceptée.

M. Perrot (1) croit, à propos de la figure 274, qu'il s'agit d'une barque ; il n'y a pas de raisons pour que cela ne représente autre chose, peut-être un instrument de musique qui

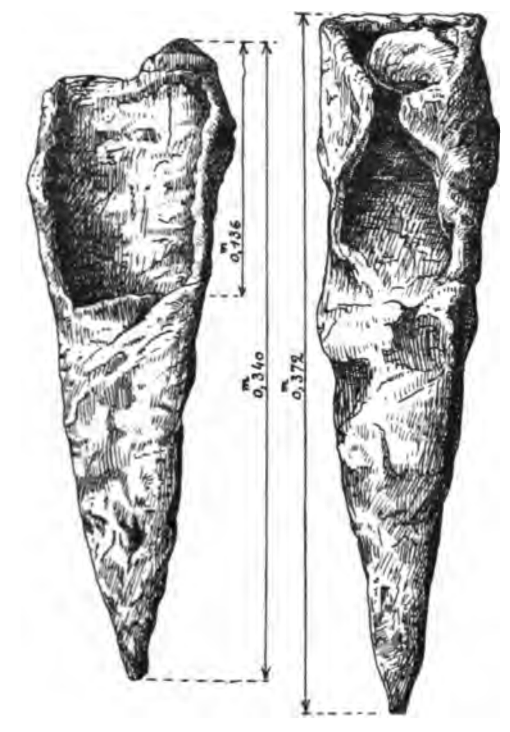




Fig. 276. — Grands socs de charrues assyriennes (Khorsabad) (vue de la face inférieure).

Fig. 277. — Petit soc de charrue assyrienne (Khorsabad) (vue de la face inférieure).

serait assez bien placé dans le logement des femmes chargées de distraire le maître de toutes sortes de façons.

Les figures 276 et 277 donnent la vue des faces inférieures de trois des socs de charrue trouvés par Place dans un magasin de Khorsabad ; il déclare (2) que « la ressemblance avec les

(1) Perrot et Chipiez : *la Chaldée et l'Assyrie*, p. 707.
(2) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, tome I, p. 87.

socs de charrues employées par les paysans du village (actuel) de Khorsabad est tellement complète qu'elle a frappé mes ouvriers eux-mêmes. Les Arabes, en particulier, dont l'esprit est généralement ouvert, s'étant, à la fin, bien convaincus que nos fouilles n'avaient pas pour but la recher-

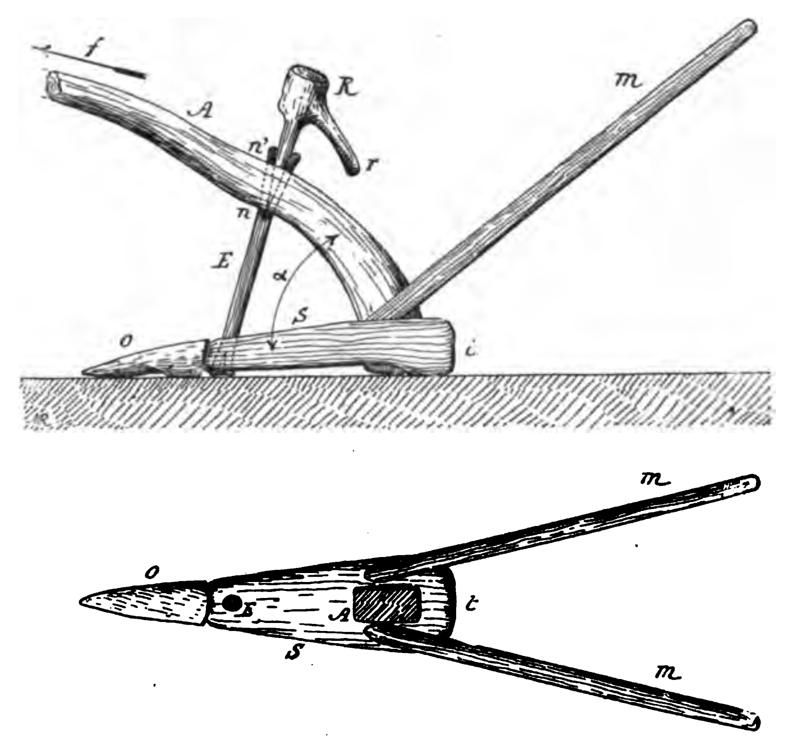


Fig. 278. — Elévation et plan d'une charrue des vallées du Tigre et de l'Euphrate (essai de restauration).

che de trésors enfouis, y prenaient une sorte d'intérêt et examinaient curieusement les objets découverts sous leurs pas. A la vue des socs, ils les reconnurent immédiatement et me prièrent de leur en confier un, à peu près respecté par la rouille, pour creuser quelques sillons sur le monticule. Je me suis volontiers prêté à cette fantaisie; ils ont emprunté au

village une charrue, dont ils ont remplacé le soc par un soc assyrien, et ce fut pour eux un véritable divertissement, le jour où ils labourèrent un petit champ avec du fer trouvé dans leurs tranchées. Pendant plusieurs mois, ils ont pris un plaisir d'enfant à voir pousser le blé dans les sillons qui avaient une si singulière origine; de mon côté, je l'avoue, je n'ai pu me défendre de certaines réflexions à la vue de cette moisson arabe, produit du travail d'un fer ninivite, revenu à la lumière, après tant de siècles, pour labourer encore la vieille terre d'Assyrie ».

Les figures 276 et 277 sont pour nous des documents d'une très grande valeur sur lesquels nous pouvons nous appuyer pour tenter un essai de restauration de la charrue employée dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate. La grande longueur du soc (fig. 276) et les positions des pièces indiquées par les figures 272 et 273 nous montrent que l'age long *A* (fig. 278), supporté à l'avant par le joug de l'attelage, était plus ou moins cintré dans le plan vertical et venait s'assembler avec le sep horizontal *S t* recevant les mancherons *m*; l'angle α, réglant l'entrure, était maintenu invariable par un étançon E, fixé au sep S et passant dans une mortaise conique *n n'* traversant l'age A. Comme la pièce E ne doit résister qu'à l'extension, elle peut être en bois et fendue à l'extrémité supérieure pour recevoir un coin R également en bois, qu'on pouvait placer à la hauteur voulue pour modifier l'angle α; mais une fois le coin R mis en place, l'ouverture de cet angle ne pouvait plus varier sous l'action de l'effort *f* exercé par l'attelage. Pour faciliter son enlèvement, la pièce R était pourvue d'une poignée *r* plus ou moins longue (qu'on voit dirigée en arrière dans la figure 272 et en avant dans la figure 273). Le soc *o* était monté à douille (fig. 276 et 277) à l'extrémité antérieure du sep S. Les mancherons pouvaient être de simples branches de bois grossièrement travaillées (fig. 271).

Les conditions d'équilibre de la charrue égyptienne,

détaillées antérieurement (1), s'appliquant à celle représentée par la figure 278, nous nous dispensons de revenir ici sur cette question. Cependant, nous devons ajouter qu'avec une charrue dont le sep est long, comme semble l'indiquer la figure 272, le laboureur, pour déterrer la machine, doit appuyer sur les mancherons afin de relever la pointe du soc *o* (fig. 278) en faisant tourner le sep, dans le plan vertical, autour du talon *t*; dans ce but, l'extrémité de l'age A devait reposer sur le joug de l'attelage tout en étant reliée avec ce dernier par un lien laissant le jeu vertical voulu à la tête de

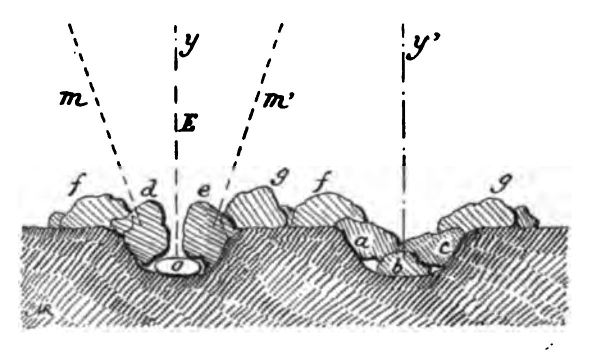


Fig. 279. — Coupe en travers du labour.

l'age; ce lien pouvait être en lanières de cuir, en cordes ou en harts; dans certains cas, il a pu être constitué par une chaîne, et c'est ce motif qui nous a conduit à donner la figure 269 représentant deux des nombreuses chaînes trouvées par Place dans le magasin de Khorsabad. Le travail effectué par la machine établie suivant la figure 278 devait consister en un soulèvement d'une petite bande de terre à profil trapéziforme *a b c* (fig. 279) arrachée et levée par le soc *o*; la terre était jetée en partie à droite et à gauche *d e* de l'étançon E, puis poussée en *f* et en *g* par la portion inférieure des mancherons *m* et *m'*, jouant ici le rôle des chevilles que nous trouverons plus tard

(1) Voir notre Deuxième Division, Première Partie : L'*Egypte*, chapitre II, fig. 97.

appliquées à des charrues à un seul mancheron (et qui sont encore en usage dans un grand nombre de pays). La partie postérieure du sep de la charrue, assez large pour recevoir les assemblages de l'age et des mancherons, devait comprimer les plans inclinés *a* et *c*.

Le profil en travers du labour, donné par la figure 279, est comparable à celui obtenu avec un buttoir rudimentaire; on devait modifier l'écartement *y y'* de deux raies consécutives suivant l'ouvrage à obtenir (culture plus ou moins complète, et recouvrement des semences comme en Egypte et ainsi que l'indique la figure 271).

Dans nos essais effectués avec une machine montée comme le représente la figure 278, il fallait, en terre sableuse (1), une traction moyenne de 165 à 170 kilogrammes par décimètre carré de section travaillée (*a b c*, fig. 279); ce chiffre très élevé montre que la section cultivée devait être faible et ne pas atteindre un décimètre carré dans les sols argileux de la Mésopotamie, qui n'étaient en définitive que des terres à briques (voir les chiffres que nous avons indiqués au chapitre II de la Partie relative à l'Egypte). La culture devait donc être très superficielle et il fallait effectuer un certain nombre de labours pour la préparation d'une terre. — Il est plus que probable qu'on ne travaillait qu'en saison convenable, lorsque le sol était dans l'état d'humidité voulue pour faciliter l'ouvrage.

Semailles; sacs ou semoirs.

Les semailles s'effectuaient à la volée; la graine était logée dans un petit panier tenu de la main gauche; on voit de semblables semoirs sur une intaille du Cabinet des Médailles de la Bibliothèque nationale, représentant schéma-

(1) La terre contenait, pour cent, environ 5 à 8 d'argile et 84 à 92 de sable fin; sa densité était de 2,03; les dimensions du labour étaient :

Profondeur dans l'axe de la raie............	0m11
Largeur à la surface du sol.................	0m22
Section totale en décimètre carré...........	1.21

tiquement Oannès (A, fig. 280); sur un bas-relief de Khorsabad (1) qui montre un génie ailé à tête d'aigle (le sac à semences B, fig. 280, semble être en sparterie); dans un bas-relief provenant de Nimroud (2) et représentant Oannès ou un de ses succédanés, le sac C (fig. 280) est hémisphérique et garni d'ornements; un autre génie ailé, provenant de Nimroud et conservé au British Museum, tient un sac représenté en D sur la figure 280. En E est le sac appartenant à un dieu à tête d'aigle provenant de Nimroud (Musée du Louvre). Les génies ailés, hauts de 3 mètres, qui figurent au Musée du Louvre (3), tiennent des sacs analogues aux

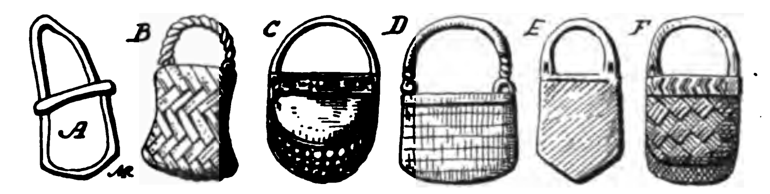


Fig. 280. — Types de semoirs chaldéens et assyriens.

précédents (F, fig. 280) et c'est évidemment la réduction d'un de ces semoirs, trouvée à Hillah, que représente la figure 281 (British Museum); ce petit modèle en terre cuite a environ 0m 09 de hauteur.

Travaux de récolte. — Dépiquage du grain. — Broyage du grain; moulins.

Les travaux de récolte et de dépiquage devaient être analogues à ceux des Egyptiens et à ceux des Hébreux, chez lesquels nous aurons l'occasion de les examiner. — La paille a dû être brisée pour servir aussi bien à l'alimentation des

(1) D'après Botta : *Le Monument de Ninive*, pl. 74.

(2) D'après Layard : *The Monuments of Nineveh*, 2e série, pl. 6, n° 1.

(3) Dans le cortège royal de Sargon (bas-relief de Khorsabad, au Musée du Louvre), un eunuque tient dans chaque main un semblable sac terminé à sa partie inférieure par une tête de lion.

animaux qu'à la fabrication des matériaux de construction et des poteries.

Au sujet du battage nous trouvons une indication dans le code des lois de Khammourabi (1) : « 268. Si un homme a loué un bœuf pour fouler, son prix de location est de 20 *qa* de blé ; — 269. S'il a loué un âne pour fouler, son prix de location est de 10 *qa* de blé ; — 270. S'il a loué un ânon ou bouvillon, son prix de location est de 1 *qa* de blé ». — Ces différents prix nous indiquent donc les rapports généraux des ouvrages effectués par ces divers animaux, c'est-à-dire qu'un bœuf foulait ou dépiquait, dans le même temps, vingt fois plus, et un âne dix fois plus qu'un ânon ou qu'un bouvillon, ce qui n'a rien de surprenant étant donné que ces derniers animaux étaient plus légers et surtout moins bien dressés ou dociles.



Fig. 281. — Modèle en terre cuite d'un semoir (British Museum).

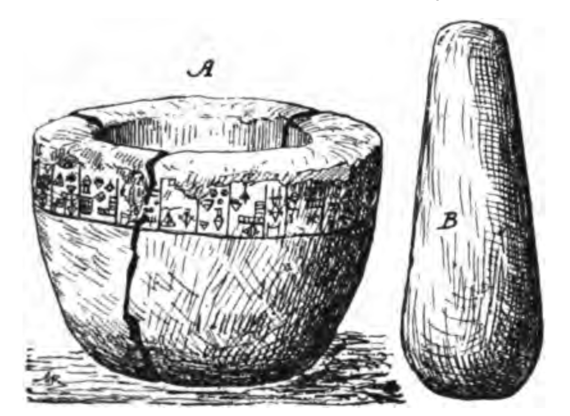


Fig. 282. — Mortier d'Eannatouma Ier (Musée de Constantinople) et pilon (fouilles de Tello).

Dans ses fouilles de Tello, M. de Sarzec a découvert les

(1) V. Scheil : *La loi de Hammourabi,* 1904, p. 53.

pièces représentées par la figure 282 et décrites ainsi par M. Léon Heuzey (1) : « les ouvriers ont recueilli, en trois fragments séparés, une sorte de mortier en diorite de couleur verte, (A, fig. 282) qualifié de *coupe à broyer le blé* par l'inscription gravée sur le pourtour (2). C'est un monument, unique jusqu'ici, du grand patési Eannatouma Ier, frère et successeur du roi Eannadou et comme lui fils d'Akourgal. Consacré au dieu Nin-Ghirsou, c'est aussi un des premiers monuments connus qui mentionnent son sanctuaire... » (la pièce se trouve au Musée de Constantinople). Dans les constructions de Tello, antérieures à Our-Nina, M. de Sarzec a trouvé entr'autres pièces un pilon B (fig. 282) « sorte de cône en calcaire blanc, dur et poli (calcaire siliceux) de 0m 20 de long, aux deux extrémités arrondies, taillé avec soin dans sa forme très simple. Le diamètre va en augmentant de 0m 04 à 0m 09, et le bout le plus large porte des traces d'usure ».

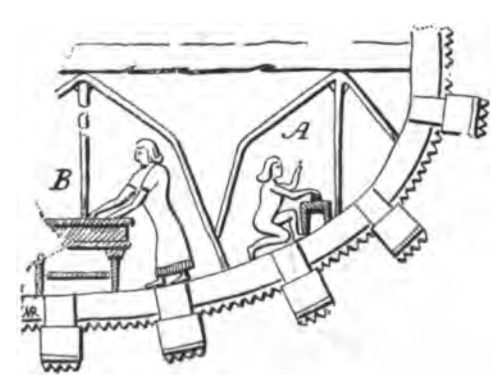


Fig. 283. — Broyage du grain (Khorsabad).

Pour ce qui concerne la mouture des grains, voici ce que dit notre confrère, M. L. Lindet (3), à la suite des très intéressantes recherches qu'il a faites au sujet des origines du moulin : « Les documents relatifs à la mouture sont des plus rares dans l'histoire de la civilisation chaldéenne et assyrienne. MM. Botta et Flan-

(1) Léon Heuzey : *Une villa royale chaldéenne, vers l'an 4000 avant notre ère, d'après les levés et les notes de M. de Sarzec*, Paris, 1900, pp. 22-46.

(2) *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie orientale*, III, 1, p. 31 ; *Comptes rendus* de l'Académie des Inscriptions, 1893, p. 315.

(3) L. Lindet : *les Origines du moulin à grains* (*Revue archéologique*, 1899).

din (1) ont découvert, dans le Palais de Khorsabad, un bas-relief qui représente un camp retranché ; dans une de ses parties, on assiste à une cérémonie religieuse où deux hommes figurent debout devant une gerbe de blé ; dans l'autre partie (fig. 283), on voit deux personnes, peut-être deux femmes, qui sont occupées aux soins du ménage : l'une d'elles, A, semble écraser quelque produit sur une pierre plate, semblable aux *tripodes* trouvés à Clermont-Ferrand (2) ; l'autre, B, semble étaler une pâte sur une table qui est à la hauteur de sa ceinture. »

Nous trouvons un dessin analogue aux tripous dans la figure 284, empruntée aux portes de Balawât et dont nous avons parlé dans le chapitre des *Constructions rurales* (fig. 194) ; l'homme à genoux semble mouvoir une molette *m* sur une pierre concave *a* portée par des pieds *b*.



Fig. 284. — Broyage du grain (Portes de Balawât).

Nous avons eu l'occasion de parler des appareils de cuisson que nous avons été amené à examiner dans le précédent chapitre consacré aux *Constructions rurales* (fig. 234).

Comme on le voit, les documents que nous avons pu recueillir (3) sur les travaux, machines et instruments agricoles des habitants des vallées du Tigre et de l'Euphrate sont bien peu de chose relativement à ceux qui nous ont été fournis par l'Egypte des temps anciens.

(1) Botta et Flandin : *Les monuments de Ninive.*

(2) Voir dans notre Première Division : *Période préhistorique*, figure 13.

(3) Il est certain qu'il y a d'autres documents nombreux, ignorés de nous, connus seulement par quelques initiés qui n'ont pas estimé que les choses relatives à l'Agriculture étaient dignes d'être développées, contrairement à l'esprit scientifique qui demande toujours à multiplier ses investigations.

Appareils de transports; transports par hommes et par bêtes de somme. — Traîneaux. — Véhicules; charrettes à bras; charrettes à plate-forme; roues; essai de restauration d'un char et du harnachement des chevaux. — Véhicules à quatre et à six roues.

La figure 285, tirée de la fameuse *Stèle* dite *des Vautours* (1) qui appartient au Musée du Louvre, nous représente des hommes portant de la terre sur leur tête, dans des sortes de paniers ou corbeilles ; « c'est ainsi, dit Perrot (2), que s'y prennent les terrassiers, dans tout l'Orient, quand ils ont à faire des déblais et des remblais, et la pose des personnages (de la figure 285) semble indiquer que le fardeau dont ils maintiennent l'équilibre avec leur main gauche dressée est lourd ».

Le tableau inférieur d'un bas-relief de Koyoundjik (3), dont nous avons donné le haut dans le chapitre des *Constructions rurales* (fig. 249), montre des ouvriers charpentiers : les uns A (fig. 286) transportent une solive *a* à l'aide de cordes passées à l'épaule (des représentations analogues sont au Musée du Louvre), d'autres B, tirent une charrette C, à roues grossières, chargée d'agrès et de coins de calage ou d'assemblages, un homme D porte des bois dont l'extrémité fourchue indique qu'ils serviront d'arcs-boutants ou de contre-fiches utilisées soit pour le montage, soit, peut-être, à titre définitif dans la construction que le chantier va entreprendre.

On employait des animaux porteurs : des ânes, des chevaux et probablement des bœufs; nous avons donné précédemment l'article 243 de la loi de Khammourabi, qu'on suppose fixer le prix de la location d'un bœuf de somme. Dans les planches de Layard, provenant de Koyoundjik, on trouve un convoi de captifs avec des solipèdes porteurs ayant leur charge maintenue par des courroies sous-ventrières, une courroie de poitrail et une d'avaloire; nous examinerons ces

(1) La Stèle des Vautours, qui remonterait vers 3000 avant notre ère, a été découverte à Tello (ou Lagash), en 1876, par M. de Sarzec.

(2) Perrot et Chipiez : *La Chaldée et l'Assyrie*, p. 590.

(3) Layard : *The Monuments of Nineveh*, 2e série, pl. 17.

harnais dans la partie de notre *Essai* relative à la Judée.

Comme dans la vallée du Nil, on utilisait les traîneaux; mais alors que l'Egyptien avait soin, pour les fortes charges, de diminuer le coefficient de glissement en lubrifiant la voie (1), l'Assyrien employait des rouleaux de bois qu'il posait sur le sol dur et préalablement aplani; ce procédé, que nous voyons apparaître pour la première fois dans un bas-relief du palais de Sennachérib, à Koyoundjik, est actuellement utilisé dans les ateliers et les chantiers de tous les pays pour les manœuvres des lourdes pièces.


Fig. 285. — Transports sur la tête (Stèle des Vautours, Musée du Louvre).

Quand l'ingénieur assyrien a été chargé de transporter une masse considérable (ce qui était très rare, car, étant très pressé, on construisait surtout en carreaux de terre crue) il imagina de la placer sur un traîneau en bois sous lequel on disposait des rouleaux également en bois; la fig. 287, extraite de Koyoundjik (2), nous montre un des taureaux T en albâtre, disposé sur un traîneau A tiré par les câbles *a*, *a'* sur lesquels agissent quatre équipes de prisonniers; il semble que les cordes *a'*, très obliques, servaient surtout pour assurer



Fig. 286. — Transport à dos d'hommes (Koyoundjik).

(1) Voir notre partie consacrée à *l'Egypte*, Chapitre II, fig. 133.
(2) LAYARD : *The Monuments of Nineveh*, 2e série, p. 13.

la direction de l'appareil; le traîneau est déplacé sur des rouleaux de bois *c* que d'autres hommes (non représentés dans notre fig. 287) portent sans cesse d'arrière en avant, et, pour ébranler la masse lors de la mise en route, ainsi que pour rectifier sa trajectoire, des ouvriers agissent en arrière, par des cordes *b*, sur un grand levier B appuyé sur une semelle *s* et réglé par un coin *n*; toute cette manœuvre est surveillée et dirigée par l'ingénieur et ses aides qui se tiennent sur le bloc T.

Comme le dit Perrot (1), « les Assyriens ne paraissent guère avoir utilisé, pour déplacer de grandes masses, que le plus simple instrument de tous, le levier, celui dont l'invention a dû être, un peu partout, suggérée par les tâtonnements de la main qui s'essaye à remuer des pièces de bois ou des pierres; cette découverte doit remonter au delà même de ce que nous appelons les commencements de la civilisation. Quant à la théorie qui rend compte de l'effet ainsi produit, ce seront les mathématiciens grecs qui l'exposeront les premiers. — Dans un bas-relief de Nimroud, qui appartient au palais d'Assournazirpal, on voit une poulie, toute semblable à celle qui surmonte aujourd'hui l'orifice de nos puits (2); elle supporte une corde à laquelle est attaché un seau; mais il ne semble pas que les Assyriens aient employé cet instrument à un autre usage que pour monter de l'eau. Nous ne voyons pas qu'ils aient su s'en servir pour élever de lourds

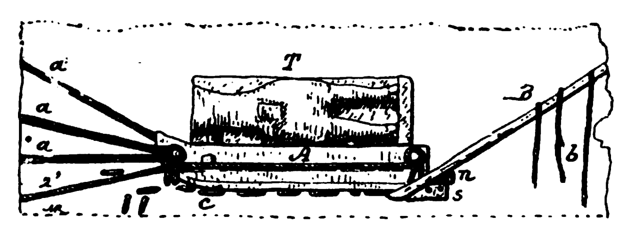


Fig. 287. — Traîneau et rouleaux (Koyoundjik).

(1) Perrot et Chipiez : la *Chaldée et l'Assyrie*, p. 338, 339.
(2) Layard : *Nineveh and its remains*, t. II, p. 32.

fardeaux. C'était cependant quelque chose que d'en avoir trouvé le principe ; leur mécanique était peut-être plus avancée que celle des Egyptiens ».

Depuis longtemps (peut-être vers le xxe siècle avant notre ère) le cheval était domestiqué (1) ; les Chaldéens et les Assyriens savaient construire les roues, qu'ils avaient peut-être inventées, et les véhicules étaient connus et utilisés (2). On croit voir quelque chose qui pourrait appartenir à un char de guerre sur la *Stèle des Vautours ;* bien que les archéologues l'affirment nous n'en sommes pas absolument convaincu, d'autant plus, comme nous l'avons dit plus haut, que le cheval est ignoré de la loi de Khammourabi ; Maspero (3), s'appuyant sur le soi-disant char de la Stèle des Vautours, suppose que les Pasteurs, ou Hyksôs, qui envahirent la basse Egypte, se servaient de chars et ne durent qu'à leur charrerie la rapidité de leurs succès dans la vallée du Nil (ces envahisseurs sont actuellement considérés comme venant des régions hautes de l'Euphrate).

L'article 271 du code de Khammourabi (4) dit que « si un homme a loué des bœufs, le chariot et le conducteur, il donnera, par jour, 180 *qa* de blé. — 272. Si un homme a loué le chariot seul, il donnera, par jour, 40 *qa* de blé ». — Il ne s'agissait donc, vers 2200 ans avant notre ère, que de véhicules tirés par des bœufs. D'après les documents que nous avons pu trouver sur les chars tirés par des chevaux, disons qu'on parle des chars de Nabuchodonosor Ier (vers 1130) et que Téglath Phalasar Ier (vers 1100) déclare avoir pris 120 chars

(1) Selon C.-A. Piétrement : *Les Races chevalines dans le temps et dans l'espace* (*Soc. d'Anthropologie de Paris*, 6 octobre 1904), c'est la race chevaline *asiatique* de Sanson qui est représentée sur les anciens monuments des Sargonides et même de la dynastie qui les a précédés immédiatement sur le trône d'Assyrie.

(2) Nous avons mentionné précédemment le *baudet* attelé au char de Goudéa (2600 avant notre ère), d'après François Thureau-Dangin : *Les cylindres de Goudéa.*

(3) Maspero : *Les premières mêlées des peuples*, p. 51, note 4 ; p. 56-57.

(4) V. Scheil : *La loi de Hammourabi;* 1904, p. 53.

aux Kashkou et aux Ouroumi pour les incorporer dans sa charrerie assyrienne (1).

Pour le transport des personnes et des choses on utilisait des véhicules désignés d'une façon générale sous les noms de chariots ou de chars par les archéologues; pour nous ce sont des charrettes ou voitures à deux roues; cependant le Génie militaire d'alors utilisait des chariots proprement dits, à quatre et même à six roues.

Nous avons déjà donné, dans la figure 286, la vue d'une petite charrette à bras, dont la roue à quatre rais est à jante large; les mêmes voitures, tirées par des bœufs ou des

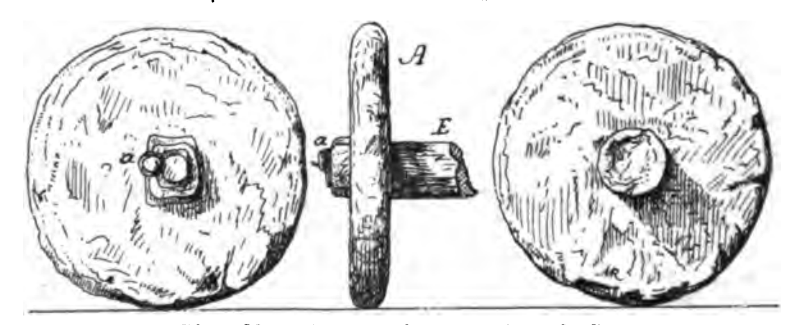


Fig. 288. — Roue en bronze (Khorsabad).

chevaux, se retrouvent dans des sculptures représentant le retour d'une expédition en Judée, indiquant probablement ainsi que ce sont des véhicules israélites; leur examen appartient donc à une autre division de notre Etude.

Au Palais de Khorsabad, Place (2) a trouvé « quatre roues pleines en bronze A (fig. 288), unies deux à deux par un essieu E en fer; ces roues ont 0m 30 de diamètre, 0m 04 d'épaisseur; la longueur de l'essieu est de 0m 65 ». Comme la découverte a été faite dans une des chambres du harem, Place croit que ces roues servaient à supporter un lit (qui eût été

(1) Maspero : *Les premières mêlées des peuples*, p. 640; — *Annales de Tiglatphalasar Ier*, col. III, l. 7-9.

(2) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, tome I, page 132.

bien étroit!) ou tout autre gros meuble d'un poids considérable; mais ces roues ont pu être apportées dans le harem lors du saccage de Khorsabad. Ce qu'il y a lieu de retenir de cette trouvaille, c'est que les Assyriens connaissaient les roues pleines, en bronze, fixées à un essieu en fer. Dans la figure 288 on voit que les roues A étaient clavetées en *a* sur l'essieu E terminé par un carré; leur jante, à profil demi-circulaire, indique qu'elles étaient destinées à rouler sur une voie solide (carrelage, dallage ou pavage).



Fig. 289. — Charrette à bras (Koyoundjik).

La figure 289 provenant de Koyoundjik (Musée du Louvre) nous montre des soldats assyriens conduisant une voiture à bras chargée de butin et de deux femmes. Dans le bas-relief d'où nous avons extrait la figure 287 représentant le transport, sur un traîneau, d'un taureau en albâtre (1), il y a des équipes d'ouvriers qui déplacent des agrès de rechange sur des charrettes à bras (fig. 290).

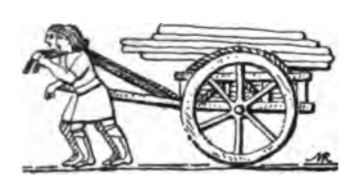


Fig. 290. — Charrette à bras (Koyoundjik).

Les roues de ces véhicules assyriens sont généralement à 6 ou à 8 rais, plus rarement à 12 rais, comme le représente la figure 291, provenant du palais de Koyoundjik (Musée du

(1) Layard : *The Monuments of Nineveh*, 2ᵉ série, p. 12.

Louvre) ; le timon *a b* appartient à un autre véhicule identique, placé en face de celui représenté dans la figure 291 et, comme lui, pourvu d'un montant *c*, soutenant, par des liens, une pièce horizontale *d* probablement destinée à faciliter l'arrimage des fardeaux ou, au besoin, à recevoir une sorte de bâche comme protection contre les pluies (1). La figure 292 est tirée du British Museum (bataille de Toulliz ; nous avons donné une portion de ce bas-relief dans la figure 216 du chapitre précédent).

Les charrettes légères, à plates-formes, dont nous venons

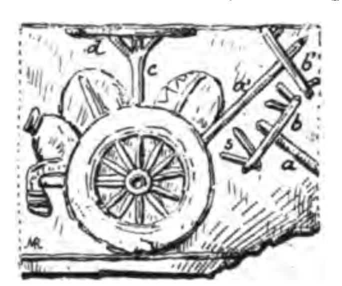


Fig. 291. — Charrette (Koyoundjik).

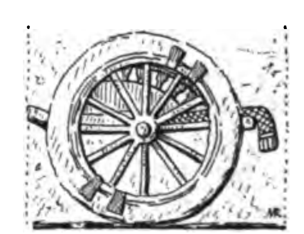


Fig 292 — Charrette (British Museum).

de parler, étaient destinées à parcourir les grands chemins ; tout porte à croire qu'elles devaient faire partie du Train des équipages militaires et que des modèles analogues étaient employés dans les exploitations agricoles où l'Administration de la Guerre pouvait les réquisitionner facilement.

La figure 293 provient de Koyoundjik (Musée du Louvre) ; c'est une charrette tirée par deux bœufs et portant quatre femmes et des paquets (que nous ne représentons pas dans le dessin) ; on voit que la plate-forme *b* du véhicule est munie de courbes *a* retenant le chargement *c* pour l'empêcher de butter contre la face interne des roues (pourvues de 15 rais).

Les figures précédentes nous montrent qu'en Chaldée et

(1) Nous avons donné un autre détail de ce bas-relief dans la figure 239 du chapitre précédent.

en Assyrie les véhicules de service n'étaient pas construits sur le même modèle que ceux destinés au transport des personnes (fig. 294, palais d'Assourbanipal, Musée du Louvre; le coffre A porte quatre hommes non représentés dans notre dessin), alors que nos figures 135 et 136 (1) sembleraient nous indiquer qu'en Egypte, au contraire, le même type de charrette servait aux promenades, à l'armée, comme aux exploi-

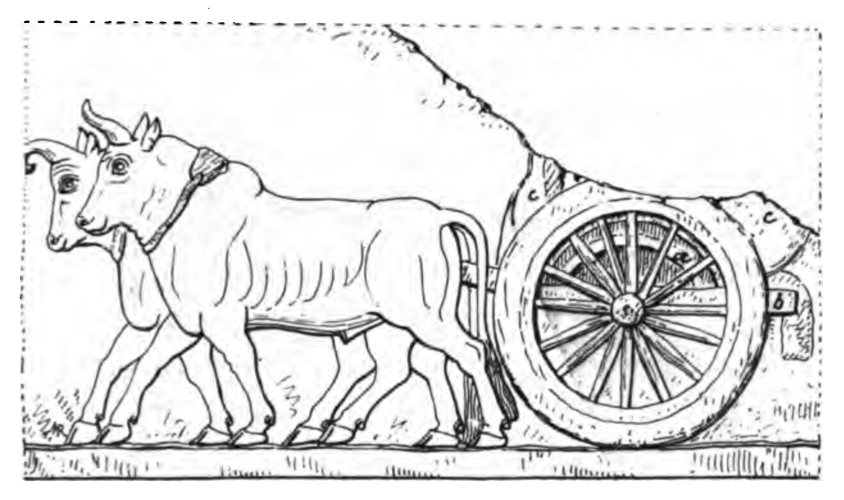


Fig. 293. — Charrette tirée par des bœufs (Koyoundjik).

tations rurales, lesquelles, d'ailleurs, ne devaient en utiliser qu'un petit nombre, la plupart des transports agricoles étant représentés comme effectués par des hommes et par des ânes.

« Les chars, dit Maspero (2), étaient plus lourds et plus vastes que ceux de l'Egypte. Ils avaient des roues hautes, massives, pourvues de huit rais, et la caisse s'appuyait directement sur l'essieu; les panneaux en étaient pleins... Le joug (3), long et pesant, se terminait à la pointe par un ornement en bois ou en métal... Il s'implantait dans l'essieu, sous

(1) Voir la partie de notre *Essai* relative à l'*Egypte*, chapitre II.
(2) Maspero : *Les premières mêlées des peuples*, p. 628.
(3) Il y a ici une confusion; il doit s'agir de la flèche et non du joug.

le plancher; mais, comme il devait fatiguer beaucoup à la traction, on ne se contentait pas de l'y fixer par des lanières ainsi qu'en Egypte, on reliait l'extrémité à l'avant de la caisse par une traverse en bois, taillée en fuseau et habillée d'une étoffe, qui le consolidait et l'empêchait de se détacher en pleine carrière. On y attelait deux chevaux, et on leur accouplait sur la droite un troisième qui pouvait suppléer l'un de ses camarades en cas d'accident ou de blessure... Les chars étaient montés par deux hommes comme ceux des Egyptiens, ou par trois comme ceux des Khâti (ou

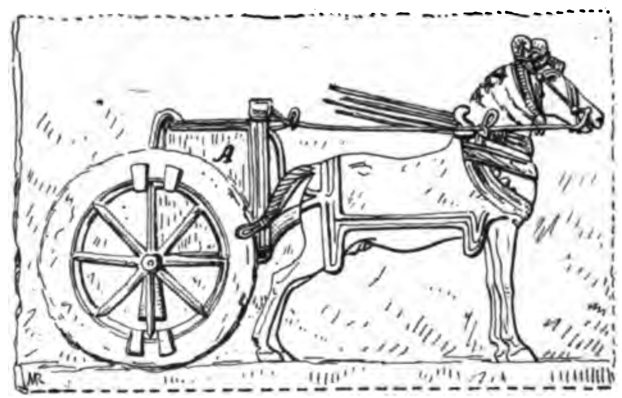


Fig. 294. — Char d'Assourbanipal (Musée du Louvre).

Amorrhéens) », et aussi par quatre hommes comme le représentent de nombreux bas reliefs.

Nous croyons qu'il convient d'ajouter une raison pour que les charrettes assyriennes aient été plus lourdes et plus solides que les charrettes égyptiennes : La vallée du Nil est relativement plate, tandis que l'Assyrie est une région montagneuse ; peu de collines sont représentées sur les dessins ou sculptures égyptiens, alors qu'il y a de nombreuses montagnes dans presque toutes les représentations assyriennes.

Ainsi que l'on peut en juger par diverses sculptures, les roues étaient de grand diamètre (certaines roues ont un diamètre presque égal à la hauteur d'un homme), les rais *a*

(fig. 295) généralement au nombre de huit (il y a des roues à 6 et à 12 rais sur les portes de Balawât), étaient assemblés avec une jante *b* qui maintenait la couronne en bois *c*, jouant le rôle de cercle de roulement, par quatre plaques *d*, probablement métalliques, recourbées en U; les rais ont une faible section relativement à leur longueur et, dans certains modèles, pouvaient être en métal, en bronze par exemple; dans ce cas, les rais auraient pu être venus de fonte avec le moyeu *m*. Le cercle *c* devait être en bois afin d'être remplacé facilement après usure sans toucher à la roue proprement dite comprenant le moyeu *m*, les rais *a* et la jante *b*; les chars d'Assour-

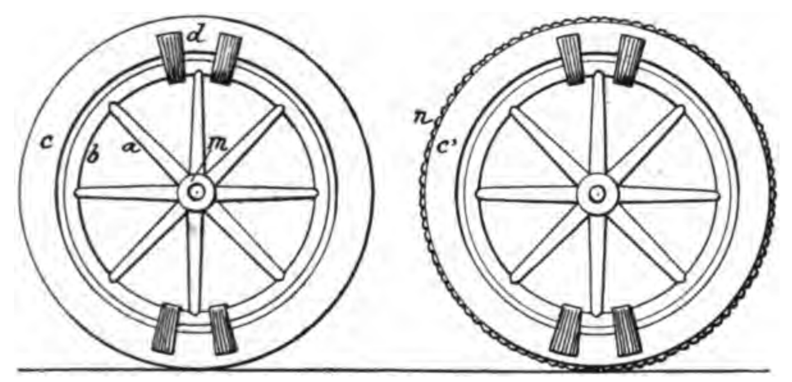


Fig. 295. — Roues assyriennes (essai de restauration).

banipal, provenant de Koyoundjik, qui figurent au Musée du Louvre (char de parade) et au British Museum (char de chasse) ont la couronne *c'* (fig. 295) garnie d'une série d'aspérités *n* qui semblent hémi-sphériques; ce sont des sortes de clous destinés à *ferrer* la roue pour diminuer son usure, et il est très possible que ces clous maintenaient plusieurs bandes de fer (4 ou 8) posées à plat, les unes au bout des autres, sur la périphérie de la couronne *c'* (1). D'après un bas-relief du Bristish Museum, la couronne *c* ou *c'* semble être en autant de

(1) Ce procédé a été employé jusqu'en 1852 dans nos campagnes; il était utilisé par l'artillerie; l'article 2 du décret de 1852 sur la police du roulage a interdit l'emploi de ces clous sur la jante.

segments qu'il y a de rais, ce qui nous fait supposer l'emploi de bandes de fer jouant le rôle de cercle de roulement.

La figure 296 donne en principe un essai de restauration du char assyrien : le coffre A est placé en avant de l'essieu des roues R ; on voit en F la flèche qui s'appuie sur le joug J et qui est consolidée, ou armée, par le tirant *t* attaché d'autre part à la traverse qui limite la partie supérieure de l'avant de la caisse A, dont les panneaux peuvent être garnis de cuir; dans certaines sculptures du British Museum, le tirant *t* semble être recouvert d'un panneau vertical à profil parabolique que nous pouvons admettre jouer, dans les chars de guerre, le rôle de bouclier ou d'appareil protecteur du dos des chevaux contre les flèches ou les javelots. En plus du tirant *t*, une autre pièce oblique *n*, probablement en métal, assurait la rigidité de l'assemblage de la flèche F avec le coffre A ; pour bien faire, ces tirants *n* devaient être au nombre de deux et partir, en biais, de chaque angle supérieur du coffre A pour s'attacher à la flèche F. Comme nous l'avons vu pour les chars égyptiens, deux lanières (*a*, fig. 150)

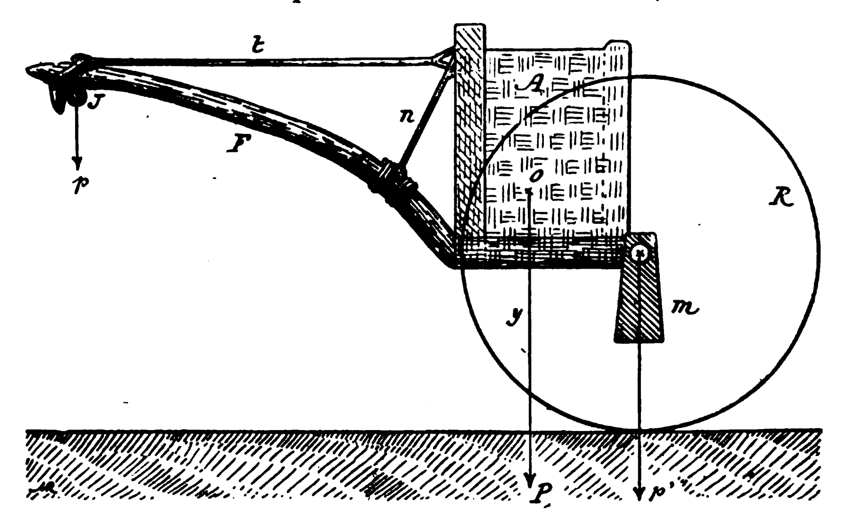


Fig. 296. — Char assyrien (essai de restauration).

reliaient la flèche au joug en triangulant le système (1). On trouve sur les bas-reliefs du Louvre (Assourbanipal sur son char ; Koyoundjik) et du British Museum (Assourbanipal attaqué par des lions) une pièce trapéziforme *m* (fig. 296) qui semble placée sous l'essieu ; il est plus que probable que cela représente le profil même de l'essieu constitué par un fort plateau vertical en bois, présentant ainsi à la flexion un grand moment d'inertie ; si cette supposition était exacte, l'essieu fixe recevait à chaque extrémité des broches ou fusées en fer autour desquelles tournaient les moyeux des roues qui seraient boîtés pour atténuer l'usure, mais alors nous constatons que les moyeux sont d'un bien petit diamètre pour des véhicules si lourds tirés par des chevaux à l'allure du galop ; maintenant il est possible, comme nous l'avons dit plus haut, que le moyeu *m* (fig. 295), les rais *a* et la jante *b* aient été, dans certains véhicules, coulés d'une seule pièce en bronze, ce qui expliquerait du même coup la faible épaisseur de la jante *b* et la grande épaisseur donnée à la couronne de bois *c* devant jouer le rôle d'amortisseur, et remplacer, mais très vaguement, dans les chars assyriens, le bandage élastique de nos automobiles.

Dans le cortège de Sargon (bas-relief de Khorsabad ; Musée du Louvre) on voit deux eunuques portant le fauteuil royal disposé à la façon d'un char : deux flèches *a* (fig. 297) recourbées, se réunissent ensemble au joug *j* ; pour les roues, le dessin semble indiquer une construction entièrement métallique, les rais faisant corps avec le moyeu et la jante.

Nous avons vu que le harnais assyrien a servi de modèle aux Egyptiens ; c'est pour ce motif que nous l'avons examiné assez rapidement dans la vallée du Nil (2), nous réservant de l'étudier ici avec plus de détails ; les sculptures assyriennes nous montrent des chevaux ayant généralement

(1) Nous croyons voir ces lanières sur plusieurs dessins donnés par Layard et représentant l'armée traversant un cours d'eau.

(2) Voir la partie de notre *Essai* relative à l'*Egypte*, ch. II, Travaux et machines agricoles, fig. 151 et 152.

l'encolure un peu moins rouée que ceux des représentations égyptiennes.

Pendant quelque temps nous avons cherché si l'emploi du cheval de selle avait contribué à modifier le harnais du cheval de trait ; en effet, nous pouvons faire observer que le cheval (à l'époque que nous étudions) n'était pas monté en Egypte, tandis que de très nombreuses sculptures représen-

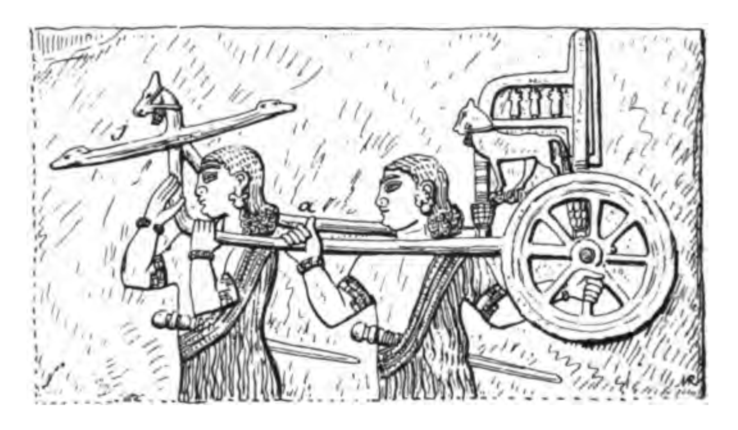


Fig. 297. — Fauteuil à roues de Sargon (Khorsabad).

tent des cavaliers ninivites (1) et, dans notre pensée, l'Assyrien sachant expérimentalement qu'un cheval au galop est capable de porter une charge sur son dos (2), c'est-à-dire en arrière du garrot, il semblait logique de placer en ce point la sellette et le joug de l'attelage d'un véhicule ; cela aurait permis de faire descendre la courroie de cou pour l'appuyer presque sur la pointe de l'épaule, au niveau de l'articulation scapulo-humérale et, en même temps, la lanière retenant le joug, en arrière des membres antérieurs, pouvait bien tomber

(1) Selon G. Rawlinson (*The Five great Monarchies*, t. I, p. 422) la cavalerie aurait été inventée entre Téglath Phalasar Ier et Assour-Nazir-Habal ; plusieurs spécimens figurent en relief sur les portes en bronze de Balawât.

(2) Représentée par le cavalier, ses armes et le harnais.

à l'endroit favorable appelé le *passage des sangles*; en un mot, la selle, au lieu de supporter le cavalier, pouvait soutenir le joug et sa charge.

L'étude des documents nous montra que notre idée n'était qu'une hypothèse; disons de suite qu'il nous faudra attendre encore longtemps pour trouver la modification voulue transformant peu à peu la courroie de cou en une bricole de poitrail.

Il nous paraît intéressant d'indiquer rapidement les conditions d'équilibre du harnais assyrien (1) qu'on peut considérer comme ayant servi de modèle à tous les peuples de l'antiquité.

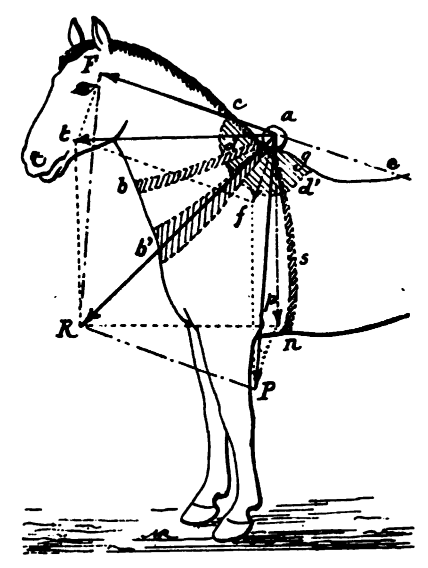


Fig. 298. — Equilibre du joug assyrien.

Le joug est placé en *a* (fig. 298) à la base de l'encolure *c* et en avant du garrot *g*; l'effort F, que l'animal doit communiquer à la flèche du véhicule, est incliné suivant le plan F *a e* passant par le joug *a* et l'essieu de la charrette; l'animal fournissant une traction *t*, parallèle à la surface du sol (et plus grande que F), cette traction se décompose en deux forces : l'une F, utilisée par la flèche *a e*, l'autre *f* appuyant le joug *a* sur la base du cou de la bête.

Pour que le joug ne recule pas, en remontant sur le plan incliné du garrot, on peut évidemment le retenir par un lien *a b* autour de l'encolure; mais, en reportant l'effort *t* au point *b*, la courroie ou la sangle pourrait serrer la gorge et

(1) Nous avons eu l'occasion de poser ces conditions d'équilibre dans l'étude du harnachement des bœufs des indigènes de l'Algérie.

faire corner l'animal ; il faut tourner la difficulté en appliquant en *a* un effort supplémentaire, vertical, *p* ; dans cette nouvelle condition, le joug *a* doit recevoir du moteur un effort R qui est la résultante de *t* et de *p* et il est alors facile de faire descendre la courroie de *b* en *b'*. — Nous aurions pu arriver plus rapidement à la même solution en prenant la résultante *a* P des deux forces *a f* et *a p*, puis en composant *a* F avec *a* P dont la résultante est *a* R.

Il est possible de donner une certaine largeur à la pièce *b'* afin d'augmenter sa surface de contact, comme on le voit d'ailleurs sur les représentations assyriennes, où l'on remarque aussi de nombreux ornements et des sortes de filets qui semblent garnis de plaques de métal, attachées de *b'* à *a*, probablement dans le double but de protéger le poitrail des chevaux contre les insectes (1) et d'augmenter le poids de la courroie *b'* afin de diminuer sa tendance à remonter le long du cou *b' b*.

Si on se reporte à la figure 296, on constate que le véhicule est lourd et volumineux ; il reçoit une charge de trois et même de quatre hommes ; son poids total P appliqué en *o* est donc assez élevé et le plan *y* passant par le centre de gravité du système tombe bien en avant du point de contact des roues avec le sol ; le joug J supporte ainsi une charge *p* suffisante pour assurer la stabilité du harnais, telle que l'indique notre figure 298.

La pièce *b'* (fig. 298) seule est cependant insuffisante dans le cas de secousses, car, en remontant, elle risque de laisser passer le joug *a* en arrière du garrot *g* ; c'est pour ce motif qu'on a employé la sangle supérieure *b*, tandis que cette dernière seule a été conservée par les Egyptiens dont les véhicules, plus légers, se déplaçaient sur le sol plat de la vallée du Nil (fig. 151). D'un autre côté, sur une pente, le joug *a* (fig. 298), poussé par la charrette, risque de remonter le long de l'encolure *c* ; il faut donc le retenir en le reliant au point *n*,

(1) Ces ornements figurent aussi appliqués aux chevaux de selle.

correspondant au passage des sangles (vers l'extrémité du sternum) par une lanière *s* de reculement, jouant le rôle des avaloires de nos harnais; ajoutons qu'à la réunion de ces diverses pièces se trouvait un panneau ou tapis *d d'* que les sculptures assyriennes indiquent assez étendu.

Si nous faisons une coupe de l'encolure d'un cheval suivant le plan *x* (fig. 299), nous avons le dessin *x'*; une autre section suivant le plan *y* nous donne le dessin *y'*; c'est donc dans les angles *b* et *b'* qu'on peut placer la sellette reliée au joug *a*, à la condition d'empêcher l'écartement des branches *b* et *b'* qui appuient sur les plans inclinés raccordant le cou avec les épaules du cheval. Dans les harnais ruraux, les pièces *b* et *b'* étaient constituées par de simples chevilles de bois (voir figure 291), tandis que pour les véhicules militaires on a soulagé le moteur en augmentant la surface de contact des pièces *b b'* (fig. 299), soit en les taillant convenablement (comme en *b'*), soit en intercalant entre elles et la peau de l'animal un panneau *e*, assez grand, qui pouvait être formé de plusieurs couches de cuir superposées et cousues ensemble. Dans la coupe *y'* de la figure 299, on remarque que le joug *a* peut être droit et muni des chevilles inclinées *b* et *b'*, ou qu'il peut être en bois courbé suivant le tracé pointillé *a' a''*.

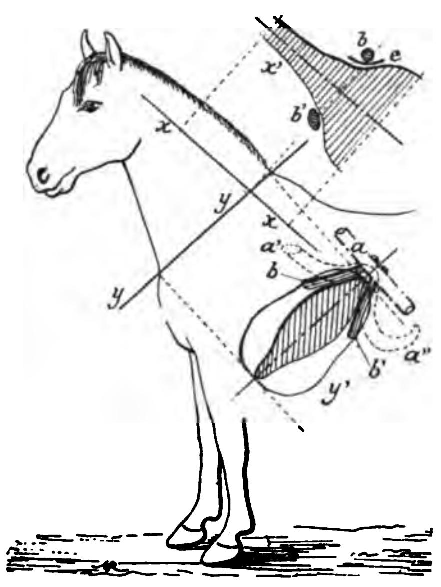


Fig. 299. — Position d'un joug sur le garrot d'un cheval.

Sur la figure 291 (qui appartient au même dessin que la

figure 239 du chapitre précédent), on voit les timons *a, a'*, les jougs *b, b'* et les sellettes ou chevilles *s* des charrettes de service.

Le joug *a a', b b'* (fig. 300), recevant le timon A ou B, était porté par l'attelage composé de 2 ou de 4 animaux, comme on le constate très bien sur les bas-reliefs appartenant au Musée du Louvre où nous avons relevé le croquis C; dans les harnais ruraux, pour chaque animal, deux chevilles *c* et *c'*, assemblées obliquement avec le joug, reposaient sur l'enco-

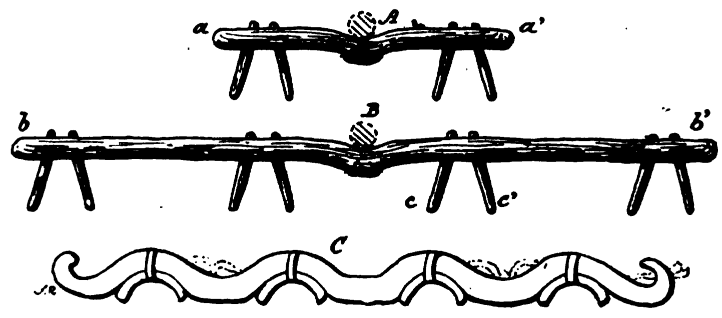


Fig. 300. — Jougs (Musée du Louvre, et essais de restauration.)

lure, en avant du scapulum, entre les dernières vertèbres cervicales et les premières dorsales (fig. 293).

L'ensemble du harnais assyrien rappelle ainsi la *sauterelle* (ou *joug de garrot*) utilisée encore dans beaucoup de pays pour tous les travaux effectués à une allure lente; pour les véhicules devant se déplacer au trot ou au galop, il a fallu compléter les chevilles du joug par un harnais dont nous trouvons le type dans les chars de guerre ou de promenade (1).

En étudiant un dessin donné par Layard (2), et provenant de Koyoundjik, nous pouvons conclure que la pièce B (fig. 301), en cuir, était raidie extérieurement par des mon-

(1) Les rites interdisaient au roi et aux personnes de sortir en voiture à certains jours,

(2) LAYARD : *Discoveries in the Ruins of Nineveh and Babylon*, p. 177-178.

tants *b* en bois ou en métal, cousus en *c*. Dans la figure 301, on voit en *m* le joug reposant sur le panneau *s*; en *d* la courroie supérieure, et en *n* la lanière de reculement dont nous avons parlé plus haut.

Le harnachement de tête comprenait (fig. 301) les montants *m* formant dessus de tête *d*, reliés par une plaque *p* (ou *phalère*) au frontal *f* auquel étaient attachés un filet *f'*

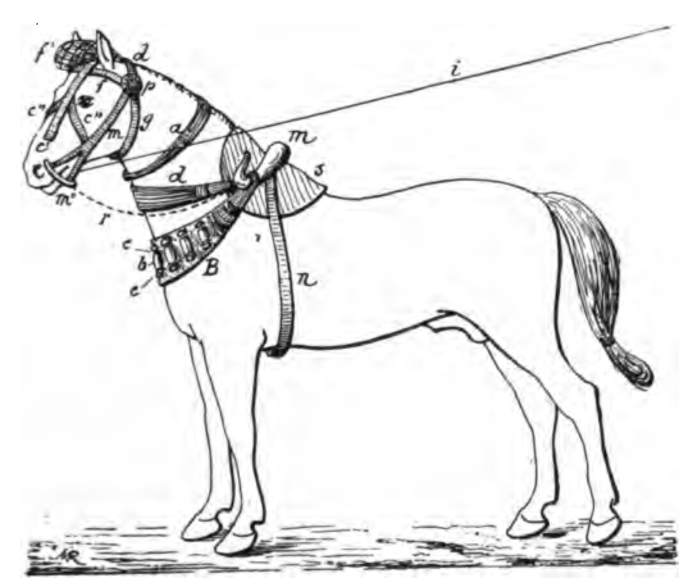


Fig. 301. — Harnais assyrien (essai de restauration).

retenant le toupet et peut-être protégeant les oreilles, une lanière de chanfrein *c'* et deux autres croisières *c"* en biais; l'ensemble se complétait par la sous-gorge *g* et quelquefois par un collier d'attache *a*, relié au dessus de tête par une courroie; souvent la lanière plate *c'* de chanfrein se prolonge presque jusqu'au-dessus des naseaux (Assourbanipal en chasse, Koyoundjik, British Museum) et il semble qu'il y avait un mors *m'* à barrettes (comme en Egypte) garni extérieurement de plaques de métal, auquel se fixaient les rênes

de filet *r* arrêtées au joug ou quelquefois à un collier en grosse corde, formant tour-de-cou vers le milieu de l'encolure ; enfin il y avait les guides *i* ou rênes de bride.

Beaucoup de chevaux sont représentés garnis d'un filet de toupet (fig. 239 et 294), d'un couvre-nuque, d'un couvre-crinière et d'une housse ou schabraque allant du cou à la croupe ; la queue, tenue très longue, à tous crins, est serrée par des liens.

Les chevaux qu'on menait à la main (fig. 302) étaient

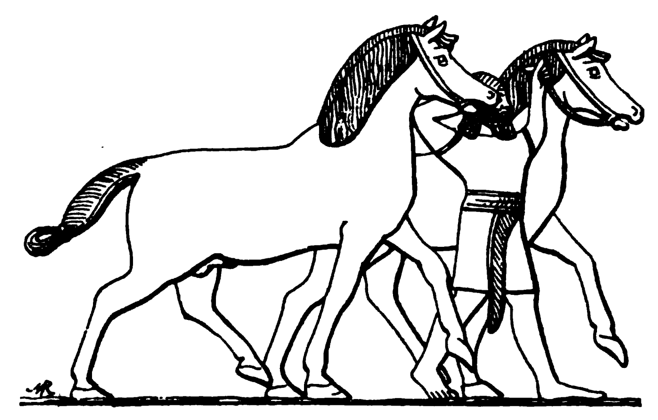


Fig. 302. — Chevaux tenus en mains (Koyoundjik).

conduits avec une longe en corde faisant nœud autour du maxillaire inférieur, à l'endroit des barres, et reliée à un bridon ; cependant on trouve fréquemment la représentation du licol d'écurie (fig. 238 et 239 du chapitre des *Constructions rurales*).

Les chariots à 4 et même à 6 roues sont toujours représentés comme des machines de guerre pour l'attaque des villes fortifiées ; une carapace de cuir garnissait la haute charpente de ces chariots, pourvus de tours, souvent couvertes de boucliers, et de béliers (1) ; ces machines devaient

(1) Plus tard l'armée grecque employa une machine analogue qu'on désigne sous le nom d'*hélépole*.

être apportées par pièces détachées pour être montées sur place par les soldats du Génie ; sans cheville ouvrière, de semblables véhicules ne pouvaient convenir aux transports courants (1) ; il n'y a donc pas lieu, pour nous, d'étudier ces chariots qui nous font penser au fameux cheval légendaire de Troie.

Employant un grand nombre de véhicules, les Assyriens avaient compris combien il leur importait d'avoir des routes carrossables pour faciliter les déplacements de leurs armées ; nous avons parlé de ces ouvrages dans le chapitre consacré à l'examen des *Constructions rurales*.

Transports par eau. — La kouffe et le kélek. — Outres ; procédés de tannage, gonflement, entretien et réparation des outres.

Les transports s'effectuaient fréquemment par eau ; Hérodote mentionne ce qu'on appelle aujourd'hui la *kouffa* (sorte de grand panier), et Pline parle des embarcations (désignées actuellement sous le nom de *kéleks*) utilisées par le commerce et par les pirates. La kouffe peut tenir la mer : « Toutes les embarcations employées à descendre le fleuve (Euphrate) jusqu'à Babylone sont de forme ronde et construites en cuir, dit Hérodote (2) ; la coque est faite avec des branches de saule qu'on coupe en Arménie, au-dessus de l'Assyrie, et l'on tend sur ces branches des peaux qui forment le fond du navire et sa couverture extérieure. Comme on ne fait pas de différence entre la poupe et la proue, le tout a la forme d'un bouclier. Ces barques chargées de marchandises recouvertes avec de la paille, qui remplit tous les vides, descendent le fleuve et portent principalement des récipients de vin de palmier ; elles sont dirigées avec deux rames que font agir deux hommes, qui se tiennent debout et dont l'un pousse en dedans et l'autre en dehors. Ces embarcations sont

(1) Bas-relief de Téglath Phalasar III, trouvé à Kalakh (Nimroud) ; au British Museum : char à quatre roues. — Layard : *the Monuments of Nineveh*, t. I, pl. 17, siège d'une cité : grand char blindé porté par six roues et pourvu de deux tours ; etc.

(2) Hérodote : liv. I, 194.

de différentes grandeurs ; les plus considérables peuvent porter jusqu'à 5.000 talents (de marchandises). Dans chacune on place un âne et même plusieurs dans les grandes. Lorsque les conducteurs sont arrivés à Babylone et ont déchargé leurs marchandises, ils vendent la carcasse de leur navire et la paille, puis chargent les peaux sur leurs ânes et retournent avec eux par terre en Arménie... où on emploie les mêmes peaux à faire de nouvelles barques ». Il est probable qu'on ne pouvait pas remonter le fleuve, même en temps d'étiage

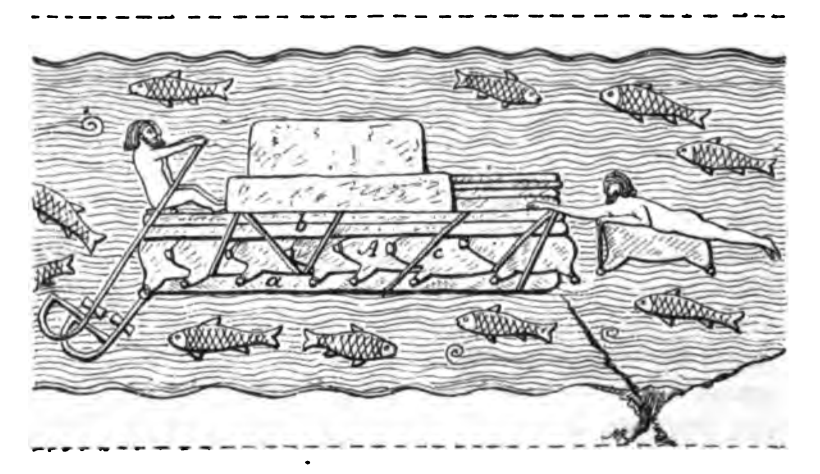


Fig. 303. — Kélek (Koyoundjik).

lorsque le courant était faible, par suite des nombreux barrages submersibles établis en travers du lit, en vue de la dérivation des eaux pour les irrigations, et dont nous parlerons dans le chapitre suivant consacré à l'*Hydraulique agricole* des Assyro-Chaldéens.

Les kéleks, indiqués dans un grand nombre de documents, sont des planchers ou des radeaux maintenus flottants par des outres gonflées d'air. La figure 303 représente un kélek et un nageur (également soutenu par une outre)

d'après un bas-relief de Koyoundjik (1) donné par Layard; les outres A sont fixées entre les bois *a* et *b* de deux radeaux reliés entre eux par des cordages obliques *c*; ces appareils de transports, inventés il y a peut-être trente siècles, sont encore utilisés de nos jours, et il est curieux de rappeler que V. Place fit construire d'énormes kéleks pour transporter de Mossoul à Bassorah (2) les pièces remarquables retirées de Khorsabad, et dont certaines pesaient 32 tonnes.

Les outres qui soutiennent les kéleks sont en peau de mouton; aussi, dans tout le pays, les animaux sont dépecés de la façon suivante : on ne fend pas la peau sur le ventre; on coupe la tête du mouton et les jambes autour du genou et du jarret; on vide l'animal par l'ouverture du cou. Place (3) nous décrit les procédés simples de tannage qu'il a vu employer et qui peuvent être identiques à ceux d'autrefois : « à peine la peau de mouton sort-elle des mains du boucher, qu'elle est livrée au tanneur; celui-ci enlève la laine au moyen d'une dissolution de chaux et plonge le cuir dans une eau saturée de tanin. Les éléments de tannage ne manquent pas en Assyrie. La noix de galle, qui s'exporte dans le monde entier sous le nom de *galle d'Alep*, vient presqu'exclusivement du Kurdistan : elle est réunie à Mossoul et à Diarbékir, et de là expédiée, par caravanes, pour Alep et l'Europe. Cette excroissance du chêne est, comme on le sait, très riche en principes tanniques. Pour en tirer parti, les préparateurs de peaux la pulvérisent, en jettent la poussière dans des baquets remplis d'eau, et après deux semaines de séjour dans cette solution concentrée, les outres peuvent être mises en œuvre. Un procédé de tannage aussi rapide, aussi forcé, ne donne qu'un cuir de qualité médiocre... Les outres peuvent supporter trois ou quatre voyages entre Mossoul et

(1) On a de nombreux exemples de corps d'armée traversant de cette façon les cours d'eau.

(2) A Bassorah, ce qui n'avait pas sombré dans le Tigre fut chargé sur un bâtiment qui vint au Havre par le cap de Bonne-Espérance, en 1855.

(3) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. II, p. 136.

Bagdad, ce qui équivaut à une immersion de 40 à 50 jours... Sur chaque kélek qui part, on place environ 10 pour cent du chiffre des outres employées à la construction, destinées à remplacer celles qui éprouveraient des accidents. On y joint également une provision de noix de galle en poudre, afin que si quelques outres mal tannées venaient à se ramollir au contact de l'eau, on puisse les fortifier en les recouvrant avec cette poussière, après leur avoir substitué les peaux tenues en réserve. A la fin de chaque voyage et avant de remettre



Fig. 304. — Gonflement des outres (Koyoundjik).

les outres à l'eau, on a soin de les faire séjourner quelque temps dans de la noix de galle pulvérisée. »

Après le tannage, les ouvertures de la peau sont fermées à l'aide de cordes ; la figure 304 montre comment on procédait au gonflement des outres par insufflation. Les jambes facilitent la fixation des outres sur les radeaux dont la carcasse est constituée par des perches superposées, se croisant à angle droit, laissant entre elles des intervalles rectangulaires ou carrés dans lesquels on loge les outres remplies d'air.

Si, en cours de route, il survient une déchirure à une outre A (fig. 305), on y introduit une pierre *a* plus

grande que la déchirure *b* et on fait en arrière une forte ligature *c*.

Actuellement, comme au temps d'Hérodote, arrivé à destination, le kélek est démonté, le bois est vendu et les outres dégonflées sont ramenées à leur point de départ par les bêtes de somme.

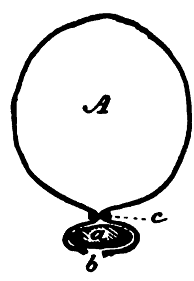


Fig. 305. — Réparation d'une outre.

Il est plus que probable que les embarcations précédentes (kouffe et kélek) étaient utilisées pour les transports par eau des produits agricoles et c'est pour ce motif que nous leur avons fait une place dans notre Etude.

On se servait également d'outres pour soutenir les ponts de radeaux qu'on retirait lors des crues.

Chaque voyageur emportait une outre qu'il gonflait lorsqu'il devait traverser un cours d'eau : il se couchait sur l'outre et nagait avec les pieds (fig. 303) ; arrivé sur l'autre rive, il dégonflait l'outre et continuait sa route. Actuellement, « à Mossoul, pendant les mois d'avril, mai et juin, rien n'est plus curieux que d'assister à l'arrivée des gens de la campagne (1). Le Tigre est alors littéralement couvert de bustes humains qui le sillonnent en tout sens et qui rappellent, à s'y méprendre, certains tableaux des bas-reliefs ninivites » donnés par Layard, représentant des corps d'armée traversant ainsi des cours d'eau.

---

(1) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. II, p. 137.

RECHERCHES

SUR

QUELQUES MALADIES DU TABAC EN FRANCE

PAR LE

Dr GEORGES DELACROIX

MAITRE DE CONFÉRENCES A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE
PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'APPLICATION DES MANUFACTURES DE L'ÉTAT

Le Chancre Bactérien

Le chancre bactérien est depuis longtemps connu en France comme une entité pathologique spéciale du tabac, et je crois que la maladie décrite succinctement par Al. Olivier sous le nom de « pourriture » (Al. OLIVIER, *Détermination et description des ennemis du tabac*, Nancy 1879, p. 49) se rapporte exactement à ce cas pathologique.

Il reçoit en France des noms différents; suivant les régions, on l'appelle « anthracnose », « noir », « charbon », « pourriture ». Mais bien qu'un certain nombre de personnes, agents de culture ou cultivateurs, reconnaissent et spécifient facilement cette maladie, j'ai pu me rendre compte que la majeure partie des intéressés la confondent avec cette affection mal définie, due à diverses causes, et qu'on appelle la *rouille*.

Caractères extérieurs de la maladie. — Quand on suit le développement, du mal, on observe des symptômes précis qui permettent de les bien caractériser. Les premières apparences se montrent généralement un peu avant la fin de juillet dans le nord de la France, plus tôt dans les régions plus méridionales, Lot, par exemple, alors que les pieds de tabacs repiqués ont atteint de 0,2 à 0,3. Sur la tige et sur la nervure principale de la feuille prennent alors naissance des taches oblongues, où le tissu se déprime irrégulièrement, où la surface est comme un peu bosselée. La coloration de ces taches, à peine modifiée au début, vire bientôt vers le jaune, puis vers le brun fauve, pour prendre ensuite une teinte un peu noirâtre et livide. La tache s'étend en surface, se creuse dans sa partie centrale et, de même aussi, l'extension en longueur peut être assez considérable. Lorsque de telles taches arrivent à l'intersection d'une feuille, elles bifurquent le plus souvent et gagnent la nervure principale. Mais, comme je viens de le dire, les nervures peuvent être envahies isolément et primitivement.



Fig. I. — Chancre bactérien sur tige et nervure de feuille de tabac.

Les taches âgées sur tiges et nervures se décolorent un

peu avec l'âge, au moins dans leurs parties centrales qui, parfois, se dessèchent et blanchissent. Dans les portions superficielles de la tache, les cellules qui ont acquis un contenu brun ne tardent pas à se vider peu à peu et à se remplir d'air. Le centre déprimé se déchire alors, même dans la profondeur des tissus et d'une façon irrégulière, ce qui a fait supposer à tort l'action d'un insecte.

A ce moment, le bord de la tache est occupé par une marge proéminente, où l'examen au microscope ne permet pas, dans la très grande majorité des cas, de trouver la trace d'une production subéreuse. Dès lors, la lésion, qui ne montre plus aucune tendance à la cicatrisation, est devenue un véritable *chancre*. A ce moment, la réaction du suc du tabac, qui est normalement acide, se montre franchement alcaline.

Lésions anatomiques. — Au début, le parenchyme cortical est seul intéressé; le tissu s'y voit coloré en brun intense sur une coupe à l'œil nu; au microscope, les cellules montrent cette teinte brune plus ou moins marquée, aussi bien dans la membrane que dans le contenu cellulaire, où le protoplasma, les leucites chlorophylliens, le noyau forment une masse coagulée brunâtre, autour de laquelle fourmillent de nombreuses bactéries visiblement mobiles.

Mode d'évolution. — Plus tard, la lésion ayant gagné en profondeur, le cylindre central et la moelle dans la tige, les faisceaux et le parenchyme dans la nervure sont attaqués à leur tour et présentent les mêmes lésions. Le noyau volumineux des grandes cellules du parenchyme de la moelle dans la tige et dans la nervure conserve ici assez longtemps son apparence; les cavités cellulaires, riches en suc, montrent encore plus de bactéries que le parenchyme cortical.

La tige et les nervures qui portent des chancres profonds perdent généralement leur rigidité; l'action du vent les brise fréquemment quand la lésion est profonde.

Les nervures secondaires sont souvent envahies, comme la nervure primaire; la largeur de la tache est simplement proportionnée à la dimension de la nervure.

La présence des chancres dans la région du collet et de la partie inférieure de la tige impriment, on le conçoit, à la maladie une gravité particulière. Généralement, dans ces circonstances, la croissance de la plante s'arrête, les feuilles jaunissent bientôt, puis se dessèchent et tombent flétries le long de la tige. Cette apparence du système foliaire se produit plus lentement lorsque les chancres, situés à des hauteurs diverses sur la tige, ne s'étendent qu'à une partie de sa largeur.

Généralement, surtout quand l'année est humide, les lésions s'étendent au limbe de la feuille lui-même; ces lésions peuvent être de deux sortes :

1° La lésion du limbe peut être purement mécanique, attenant à un chancre assez étendu en longueur sur la nervure médiane. La présence du chancre gêne la croissance longitudinale de cette nervure et tend à l'affaiblir, sans influencer celle du limbe voisin resté sain. Ce dernier, trop étendu en surface pour occuper un plan entre les deux nervures latérales qui le limitent, prend alors une surface irrégulièrement cloquée très caractéristique.

2° L'infection peut se propager au limbe, et, dans ce cas, c'est dans le voisinage immédiat de la nervure atteinte que le mal débute. Le limbe attaqué se colore sur une ligne étroite et à bord irrégulier en jaune très net, puis en brun, après avoir rapidemment passé par toutes les colorations intermédiaires depuis le vert normal assez foncé de la feuille saine. Cette coloration s'étend souvent, se répartissant aussi très irrégulièrement en taches de forme et de dimension très variées; elle peut ainsi gagner toute la partie verte comprise entre deux nervures secondaires, à moins qu'une période franchement sèche et chaude ne vienne arrêter le développement du mal. Le limbe envahi montre les altérations des nervures avec des bactéries dans les cellules.

Facies de rouille sur les feuilles. — Très généralement, ces cas d'extension rapide, au limbe de la feuille, du chancre issu de la nervure ne s'observent que si les chutes de pluie sont fréquentes et l'état hygrométrique de l'air suffisamment élevé ; c'est cette circonstance qui m'a permis d'en observer de nombreux exemples pendant l'été de 1903. Il arrive aussi parfois que la lésion initiale sur la nervure est peu étendue, à peine marquée, et qu'elle reste stationnaire, alors que le limbe se macule rapidement. Dès lors, le facies « rouillé », bien connu de toutes les personnes qui s'occupent de la culture du tabac, se trouve réalisé. La signification de ces termes « rouille jaune » ou « rouille brune » est d'ailleurs très imprécise et leur interprétation fort élastique à cause du polymorphisme de ces diverses lésions. L'observation directe, corroborée par des examens attentifs et répétés au microscope, me permettent d'affirmer que, dans nombre de circonstances, l'apparition de ces symptômes sur le limbe de la feuille n'a pas une autre origine que l'extension d'un chancre au parenchyme foliaire.

Si la lésion de la nervure est assez réduite pour passer inaperçue, on conçoit que, même en connaissant la possibilité d'existence du chancre bactérien, l'origine réelle de cette forme de rouille puisse être méconnue.

Je ne nierai pas cependant que dans des saisons fort humides, en l'absence complète du chancre bactérien dans une région, on ne puisse observer des lésions fort analogues, surtout sur les feuilles inférieures qui traînent sur le sol, feuilles déjà avancées en évolution et que les conditions extérieures exposent à toutes sortes de saprophytismes. J'ai rencontré sur ces feuilles diverses formes bactériennes. Plus rarement j'ai trouvé superficiellement une Mucédinée, l'*Alternaria tenuis*. Il n'est pas possible, en tous cas, d'y voir autre chose que des saprophytes, dont la pénétration s'est établie, grâce au peu de résistance de l'organe et à l'action particulièrement favorable des circonstances extérieures.

Les conditions météoriques, et particulièrement la séche-

resse de la saison, peuvent amener dans les caractères extérieurs de la maladie une modification sensible. Les observations que j'ai faites en 1904 ont mis en lumière ce fait intéressant que par un été sec, comme celui de 1904, il n'est pas absolument rare de voir le tabac résister à la maladie par un mode de réaction et de défense qui se montre d'ailleurs fréquemment chez les végétaux.

L'infection qui exige toujours une humidité marquée pour prendre naissance, puis pour se développer et s'étendre au moment de l'écimage, progresse d'abord bien plus lentement en temps très sec ; puis, à un moment donné, alors que la désintégration des tissus commence à gagner l'écorce, les cellules profondes de ce tissu se cloisonnent et forment un liège cicatriciel qui isole complètement la partie infectée du reste de la plante.

J'ai vu ainsi en plusieurs localités des chancres parfaitement cicatrisés ; mais, à côté de ces faits et bien plus souvent, le tissu subéreux dont la production amène cet heureux résultat se montrait atteint aussi. Par les commémoratifs, on se rendait compte que ce nouvel envahissement coïncidait avec une apparition, si courte fût-elle, d'une période humide, alors que les éléments du liège, encore très incomplètement différenciés, encore vivants, n'opposaient, par l'insuffisante subérisation de leurs parois, qu'une barrière trop peu résistante à une nouvelle extension de la bactérie.

Le développement relativement restreint que prend la maladie sur les pieds de tabac, pendant les années sèches, y rend beaucoup plus rare l'apparition de ces cas de rouille brune, dont la présence se rencontrait souvent dans l'année 1903, particulièrement humide, surtout à l'arrière-saison.

La bactérie parasite. — La cause de la maladie est une bactérie du groupe des bacilles fluorescents. Il s'agit là d'une espèce nouvelle non décrite et je l'ai appelée *Bacillus æruginosus* G. Delacroix. Elle se développe bien dans les milieux de culture employés habituellement en bactériologie :

bouillon de veau peptonisé à 1 pour o/o, gélose, gélatine, etc. Elle est aérobie et produit à la surface du bouillon un voile très mince, fugace, blanchâtre, assez adhérent aux parois du tube de culture. Très rapidement le bouillon se trouble et présente une coloration fluorescente verte se rapprochant un peu de l'olivacé. Les *Bacillus fluorescens liquefaciens* et *Bacillus fluorescens putridus* présentent aussi une fluorescence assez semblable, mais plus jaune, d'une couleur vert urane. Les bacilles ayant terminé leur évolution tombent au fond du vase, donnant un dépôt d'abord blanc, puis jaune crème pâle et enfin un peu grisâtre. La culture perd au bout d'un certain temps sa couleur verte et vire peu à peu vers le brun fauve et le liquide redevient clair et transparent.

Les vieilles cultures répandent une odeur de tabac incomplètement brûlé, mais qui ne persiste pas très longtemps. La production de cette odeur exige des conditions particulières de milieu assez difficiles à définir, car bien que la culture soit pure, l'odeur ne s'est pas toujours produite, même en culture sur bouillon de veau.

La gélatine n'est pas liquéfiée ; elle acquiert, au bout de quelques jours, une coloration à peu près identique à celle du bouillon mais persistant plus longtemps. Les colonies isolées sont discoïdes, lisses, brillantes à la surface, d'une coloration jaune pâle, qui s'accentue dans les cultures âgées, d'un diamètre de 2 à 3 millimètres. Les colonies deviennent souvent confluentes.

Les cultures sur gélose prennent également la coloration verdâtre ; mais l'aspect des cultures est un peu différent. Elles sont brillantes comme sur gélatine mais, lorsqu'elles deviennent confluentes, leur surface est plus mate, mamelonnée, munie d'une marge plus aplatie que celle de la colonie isolée ou que l'ensemble des colonies confluentes sur gélatine : de plus, cette marge s'élargit sensiblement à mesure que la culture avance en âge. Leur coloration est un peu plus pâle que sur gélatine ; elle peut, dans quelques cas, emprunter un peu la coloration verdâtre du milieu.

Sur pomme de terre, les colonies se colorent en jaune doré ; elles sont un peu granuleuses, assez brillantes, et elles forment par leur confluence une masse crémeuse, opaque, qui s'affaisse et brunit en vieillissant.

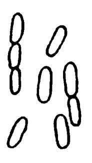


Fig. II. — *Bacillus æruginosus*, gross. 1.100 diamètres, produisant le chancre bactérien du tabac.

La bactérie est cylindrique-allongée, arrondie aux deux extrémités, généralement isolée, parfois en diplobacilles, de 2 à 3 μ sur 0,75 à 1 μ chacun. Elle se colore facilement, se décolore de même par la méthode de Gram et ne m'a présenté à aucune période ni cils, ni spores, ni capsules ou zooglées.

Il est à observer que pour avoir des cultures pures de cette bactérie, on doit la prélever sur des pieds de tabac où l'apparition de la maladie est récente, sous peine d'avoir des cultures fort impures, où même le *Bacillus æruginosus*, peu abondant peut être, dès le début, devancé dans son développement par d'autres bactéries saprophytes et disparaître de ces cultures, par suite de la concurrence vitale.

Expériences d'infection. — J'ai fait un certain nombre de tentatives d'infection sur les pieds de tabac de la variété Paraguay, dans le jardin de la Station de pathologie végétale, en piquant des tiges ou des nervures avec une aiguille flambée, trempée dans une culture de la bactérie, récente et de première génération. Les infections ont réussi dans la proportion de 3 sur 8. Les témoins non infectés ou piqués avec l'aiguille simplement stérilisée, non imprégnée de bactéries, sont restés indemnes.

J'ai cherché aussi à réaliser l'infection en employant la plaie d'écimage. L'infection pratiquée sur cette plaie fraîche, avec une goutte de la même culture que plus haut, a donné une infection sur trois. J'ajouterai que l'infection fut faite vers le milieu d'août. Une semaine après, le chancre commençait à apparaître. A la fin du mois, bien que de dimensions

restreintes, il était partout reconnaissable. Sur un pied de tabac voisin, un chancre est apparu spontanément sans infection vers le 20 septembre. J'ajouterai que l'infection ne réussit qu'à la faveur d'une solution de continuité préalable.

J'ai cherché à obtenir des infections avec des cultures de deuxième génération, mais sans succès ; ce qui montre qu'en culture artificielle la bactérie perd rapidement ses propriétés pathogènes.

Ce fait semble bien prouver que le *Bacillus æruginosus* doit être dans son état normal une espèce saprophyte, puisque la culture en milieu artificiel lui enlève immédiatement son pouvoir infectant. On peut le lui redonner à nouveau sans difficulté d'ailleurs, en employant le procédé qu'a préconisé Emile LAURENT (1). Il suffit pour cela de cultiver la bactérie sur un fragment de tige prélevé aseptiquement, immergé pendant deux heures dans une solution de soude à 1/1000, puis rincé aseptiquement dans de l'eau stérile. L'action de la soude, en alcalinisant le suc cellulaire dans les cellules superficielles, diminue la résistance de la plante et permet la pénétration de la bactérie, qui bientôt récupère au contact des cellules vivantes ses propriétés pathogènes.

L'infection tentée avec le suc de la partie chancreuse, qui, sous le microscope, se montre chargé de bactéries, ne réussit pourtant que sous certaines conditions. Si l'on prélève le suc sur un chancre quelconque, déjà âgé, on est tout étonné de voir l'infection échouer généralement. Je me suis persuadé qu'il est nécessaire de choisir un chancre d'apparition récente, dans lequel le *Bacillus æruginosus* doit être encore isolé, non mélangé à d'autres espèces bactériennes, saprophytes banaux, qui ne tardent pas à envahir ce chancre, lorsqu'il arrive à sa période de pourriture définitive.

Mode de production et d'extension de la maladie. — Il n'est guère possible de préciser le mode d'apparition

(1) Emile LAURENT : *Recherches expérimentales sur les maladies des plantes*, Annales de l'Institut Pasteur, décembre 1898.

des premiers cas de maladie qui se montrent dans une plantation, de dire exactement comment la bactérie se maintient d'une année à l'autre. Rien ne prouve jusqu'ici que les pieds puissent être atteints avant la transplantation; il semble donc que le sol et le fumier peuvent agir isolément ou conjointement.

On sait que pour la culture du tabac, contrairement à ce qui s'observe pour beaucoup d'autres plantes, la nécessité de l'assolement n'est pas absolue et que les cultures peuvent se succéder pendant plusieurs années sans inconvénient pour la récolte en qualité et quantité. Il est certain qu'au point de vue de la persistance des germes pathogènes dans le sol, il n'en peut être de même. Les débris inutilisables de tiges jetés aux fumiers sont susceptibles l'année suivante de revenir sur le sol des plantations. Il se peut donc que ces pieds atteints de la maladie du chancre soient l'origine d'une contagion nouvelle, l'année d'après.

L'expérience que j'ai rapportée à l'instant montre que l'infection pénètre facilement par une solution de continuité quelconque fraîchement établie. A ce point de vue, et pour ce qui est de l'extension, de la propagation rapide du mal, l'opération de l'écimage semble jouer souvent un rôle important, lorsque le chancre a débuté avant l'époque où on la pratique. En visitant, à Rumilly (Haute-Savoie) et ailleurs, des plantations de tabac où les cas de chancre bactérien étaient relativement fréquents, nous avons pu voir les pieds attaqués placés souvent côte à côte, à partir d'un pied gravement atteint déjà au moment de l'écimage. Ces pieds malades marquaient le chemin suivi par l'ouvrier chargé de l'écimage : c'était lui qui, les doigts chargés de suc virulent, avait transmis la maladie.

D'un autre côté, le caractère particulièrement infectant des chancres jeunes explique bien pourquoi l'opération de l'écimage peut répandre activement le mal, puisque à ce moment tous les chancres qu'on observe sont à leur période de début.

Il ne semble pas douteux que la maladie puisse s'étendre, sans qu'il y ait infection au moment de l'écimage. Les cas comme celui que j'ai observé dans le jardin de la Station et qui apparaissent vers la fin de la saison, quand le temps est humide, semblent bien le prouver. Je n'ai pas observé de faits qui puissent me permettre de préciser le mode d'infection et de savoir si le germe est transporté par le vent ou véhiculé par la trompe ou le rostre d'un insecte.

Le chancre bactérien est une maladie fréquente ; elle a sévi gravement, en 1903, en Meurthe-et-Moselle, à Nomény particulièrement, en Haute-Savoie, dans le Lot, la Dordogne, etc.

Elle attaque fréquemment le Paraguay, plus rarement l'Auriac ; on ne la signale pas sur le Dragon-vert, cultivé dans le Nord et le Pas-de-Calais.

A la faveur d'une humidité intense, et sous cloche, la maladie est apparue après infection, avec la pulpe d'un chancre jeune, sur la plaie d'écimage de deux pieds de tabac appartenant aux variétés Kentucky et Maryland.

Le *Nicotiana rustica* dans nos essais d'infection s'est toujours montré réfractaire.

Traitement. — Le traitement ne peut être que préventif. Les substances capables de détruire le parasite dans les tissus du tabac seraient également nocives pour la plante.

On mettra en action les moyens suivants :

1° Si le chancre s'est montré abondant dans une plantation, on veillera à ce que, sur le sol en question, le tabac ne revienne qu'au bout de deux ans au moins.

2° Il sera nécessaire d'arracher et de brûler les pieds de tabac *dès que le chancre y apparaîtra*. On comprend que cette opération a une importance capitale pour les cas qui se montrent avant l'écimage ; on s'abstiendra d'une façon absolue de jeter aux fumiers les pieds malades, au lieu de les brûler. J'insiste à dessein sur ce fait que le seul moyen d'éviter une extension grave de la maladie, possible en

période très humide, c'est l'arrachage et l'incinération des pieds atteints, avant l'écimage, en se gardant bien, en même temps, de jeter au fumier les pieds malades.

L'emploi de ces mesures simples et d'une exécution peu coûteuse sera suffisante, je crois, pour arrêter les progrès du mal et en prévenir le retour dans l'avenir.

Pourritures bactériennes succédant à des plaies d'insectes

A plusieurs reprises, à Razac et à Escoire, près Périgueux (Dordogne), dans les environs de Cahors, j'ai pu observer des pourritures bactériennes, succédant à des plaies d'insectes, non douteuses, qui constituaient évidemment la porte d'entrée des bactéries ayant amené ces pourritures.

Pourriture du collet du tabac. — Dans la localité de Razac, en 1903, et, cette année (1905), à Cahors même, j'ai observé une pourriture localisée au collet de la plante, qui amenait le dépérissement et la mort du pied de tabac.

La région inférieure de la tige et le collet montrent à partir d'un point sur la surface de ces organes, une coloration brun-foncé qui gagne les tissus sous-jacents jusqu'à la moelle et s'étend latéralement plus ou moins loin, de sorte, qu'à un moment donné, le pourtour entier de la tige peut être envahi. Les tissus se ramollissent alors dans cette région ; ils s'éliminent peu à peu en une masse molle à réaction nettement alcaline. Dès le début, les feuilles commencent à jaunir, et cette première période simule à s'y méprendre, sur l'Auriac surtout, la maladie du « tabac blanc ». Puis, les symptômes s'accentuent, la tige jaunit aussi, puis se dessèche peu de temps après les feuilles et enfin la plante meurt.

La lésion, en général, dépasse peu le collet, de deux ou trois centimètres au plus au dessus du niveau du sol, sur le pied encore vivant. Les cellules, membrane et contenu, brunissent et présentent des bactéries. Dans le bois, les vaisseaux et surtout les rayons médullaires montrent des amas brunâtres amorphes, mais, généralement, pas de thylles. Si, dès le début, on observe attentivement la surface du collet, on voit dans la partie centrale, le plus souvent déprimée de la tache, des lésions d'insectes qu'on peut suivre parfois jusqu'à une assez grande profondeur dans les tissus. On se trouve ainsi amené à considérer cette irruption comme la porte d'entrée de la maladie. Il est cependant une autre condition nécessaire pour que la pourriture prenne naissance, c'est l'humidité du sol; aussi, n'ai-je rencontré cette maladie que dans les vallées. La persistance d'un temps humide est égament indispensable à la production de la maladie.

La bactérie qui amène ce dégât est une espèce que je ne crois pas décrite; il est cependant possible que ce soit, à l'état ordinaire, un simple saprophyte du sol, que des conditions extérieures favorables ont pu douer de propriétés biologiques nouvelles et transformer en parasite accidentel. Les cultures faites sur bouillon, aussi bien que celles sur gélatine ou gélose ne modifient pas la coloration du milieu. Sur bouillon, le liquide devient louche, un voile léger, adhérent aux parois, prend naissance, la bactérie est par suite aérobie. Les bactéries ayant cessé de se multiplier tombent au fond en un dépôt blanc peu abondant. Sur gélatine, les colonies sont opaques, brillantes, à éclat métallique irisé, à partie centrale légèrement proéminente, plus mate, d'un blanc un peu sale, aplaties, à contour un peu irrégulier, de même que la surface qui est striée radialement; la dimension des colonies est d'environ un millimètre et demi de diamètre. La gélatine n'est pas liquéfiée. L'aspect est le même sur la gélose, mais les colonies sont notablement moins brillantes et plus plates.

Les cultures sur pomme de terre, rapidement con-

fluentes, forment une masse crémeuse, blanc jaunâtre pâle, qui ne tranche sur le support que par son apparence brillante.

Les éléments bactériens sont cylindriques, à extrémités arrondies, isolés, ne présentent ni cils, ni zooglées, ni capsules et ne forment pas de spores. Ils se décolorent par la méthode de Gram. Leur dimension varie entre 0 μ 75 et 1 μ 50 sur 0,4 à 0,6 μ.

Fig. III. — *Bacillus tabacivorus* produisant la pourriture du collet du tabac.

Il est à supposer que l'insecte qui, le plus souvent, est la cause première, du moins la porte d'entrée, de cette pourriture est le ver gris, la chenille de la Noctuelle des moissons *(Agrotis segetum)*. Je l'ai rencontrée sur deux pieds montrant les premiers symptômes de la pourriture.

J'ai pu obtenir plusieurs infections artificielles en dilacérant le collet et mouillant la plaie avec une culture de première génération de la bactérie obtenue pure d'emblée par l'ensemencement du tissu malade.

Le traitement de cette maladie, heureusement assez rare, comporte simplement la protection de la plante contre les insectes. La récolte des larves s'impose ; on pourrait aussi essayer l'incorporation au sol du tourteau de colza, qui paraît éloigner les vers gris. Il semble bien, d'ailleurs, que l'infection n'est qu'accidentelle et qu'elle ne survient pas nécessairement après toute plaie d'insecte dans la région du collet, même quand le sol est humide.

Pourriture de la moelle. — La pourriture de la moelle consiste dans la destruction du tissu médullaire de la tige, débutant à partir du sommet et, en général, après l'écimage ; du moins, ne l'ai-je rencontrée que sur des plantes écimées. La désorganisation se reconnaît à la coloration jaune brunâtre du tissu qui s'élimine en bouillie comme dans le cas précédent. Le temps humide et la présence de l'eau dans le

sol sont également des conditions nécessaires à la production de cette pourriture.

Lorsque les chutes de pluie sont fréquentes, l'eau s'accumule dans la cavité de la moelle et celle-ci se creuse de plus en plus, se détruit en profondeur, de telle sorte que la décomposition peut atteindre la moelle de la racine. Dans la tige, le bois et les tissus qui lui sont extérieurs ne sont généralement pas envahis ; ce fait s'explique par la raison que la moelle offre à la bactérie une alimentation plus convenable et plus riche, à cause de la succulence de ses volumineuses cellules. Dans la racine, au contraire, à deux centimètres au plus au-dessous du collet, on voit les ramifications du pivot mortes et putrilagineuses, évidemment par suite de l'humidité du milieu. Mais dans le voisinage du collet, le péricycle est resté vivant ; aussi, dès que la partie inférieure du pivot et les racines secondaires qui s'y attachent commencent à pourrir, de nouvelles racines apparaissent près du collet et contribuent à assurer l'absorption des liquides du sol. La présence de ces racines nouvelles assure la vitalité de la plante, et souvent les plantes souffrent assez peu de ce mauvais état de la moelle, qui paraît si grave au début, pour que les feuilles puissent arriver à un état de maturité convenable.

La culture, en partant de la pulpe, m'a donné une bactérie en culture pure d'emblée, bactérie assez voisine du *Bacillus æruginosus* du chancre bactérien du tabac, mais qui en diffère par quelques caractères. Cette espèce, saprophyte fréquent dans le sol, sur les plantes en décomposition, s'est adaptée comme la précédente, sans doute, au parasitisme par suite de conditions particulières. C'est le *Bacillus putrefaciens putridus* Flugge. Il colore en vert urane le bouillon de veau peptonisé, la gélatine, etc. Le bouillon est très légèrement troublé, sans voile bien apparent à la surface ; au bout de quelque temps, un dépôt blanc se forme au fond. Sur gélose ou gélatine, les colonies petites sont luisantes, irrégulières, opaques, d'un blanc très faiblement rosé.

La gélatine *n'est pas liquéfiée*. Les éléments de la bactérie sont cylindriques, arrondis aux deux bouts, en courtes chaînes de deux ou trois lorsqu'ils sont jeunes. La dimension varie de 1 μ, 2 à 1 μ, 8 en longueur, sur une largeur de 0 μ, 5 à 0 μ, 7.

J'ai cherché à réaliser l'infection avec la culture jeune de première génération. J'ai obtenu, en maintenant le pied de tabac sous cloche et dans un sol humide, la pénétration dans le tiers environ des cas, en déposant une goutte du culture sur la plaie d'écimage; mais je dois avouer que je n'ai pu produire une lésion aussi profonde que celle que je rencontrais à Razac. Quand la pourriture avait gagné sur quelques centimètres, elle s'arrêtait d'elle-même.

L'influence d'une larve est ici moins évidente que dans la pourriture du collet. Bien que sur les pieds atteints, les traces de dégâts d'insectes aient été assez souvent évidentes et indéniables, par suite de la présence de débris ou de déjections, je n'ai rencontré qu'une seule fois, sur une dizaine de cas observés, une larve qui a été rapportée au *Tenebrio molitor*. Il n'est donc pas possible d'affirmer que cette espèce soit l'agent unique de la pénétration bactérienne.

Le traitement comporte les mêmes indications que le cas précédent.

La pourriture des semis

Au commencement de juin 1903, j'ai reçu de Jussey (Haute-Saône), des échantillons de semis de tabac malades et dépérissants, où les feuilles présentaient des taches diffuses de couleur livide.

J'y trouvai un mycélium hyalin assez peu abondant dont je n'ai pu obtenir en culture la fructification et en même temps des bactéries très abondantes dans les cellules, dont les parois et bientôt le contenu brunissaient très rapidement.

Ces bactéries formaient de fins bâtonnets ; leur culture m'a montré qu'il s'agit dans ce cas d'une forme identique au *Bacillus putrefaciens liquefaciens* Flugge, ou du moins très voisine de celle-ci.

Une culture première jeune de la bactérie, pulvérisée sur de jeunes pieds de tabac placés dans l'air confiné tenu très humide, a fait apparaître la maladie sur quelques-uns d'entre eux, alors que dans des conditions identiques, le mycélium n'a donné aucune infection.

La bactérie est fort vraisemblablement véhiculée par le sol et l'influence de l'humidité est prépondérante.

Si la maladie apparaît dans une couche, on devra enlever et brûler les pieds atteints. L'aération sera nécessaire et les arrosages devront être moins copieux. Mais on aura plus généralement avantage à recommencer le semis, qui sera fait sur un autre sol, et après désinfection des châssis avec une solution de formol à 2 pour o/o. Si l'on a lieu de craindre une nouvelle contamination du sol, on pourrait le stériliser en le faisant passer pendant une heure au moins en couche mince dans un four chauffé à 100° ; on pourrait aussi le désinfecter en injectant dans ce sol, mis en tas, 150 grammes de formol du commerce par mètre cube.

Cette pourriture des semis doit être distinguée d'une maladie fort analogue et justiciable du même traitement, qui est produite par une Mucédinée à fructification en petits coussinets verts noirâtres, l'*Alternaria tenuis*.

Je n'ai pas entendu parler en France de cette pourriture due à l'*Alternaria tenuis*. Elle a été observée et étudiée en Allemagne par Behrens (1) et en Italie par O. Comes (2).

---

(1) Dr J. Behrens *Ueber den Schwamm der Tabaksetzlinge*, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, II, 1897, p. 327.

(2) O. Comes, *Mortalità delle piantine di tobacco nei semenzai cagionata da marciume della radice*, Atti del R. Istituto d'incoraggiamento di Napoli, 1893.

La Nielle du Tabac et la « Maladie des Taches blanches »

La maladie du tabac, depuis longtemps connue en France sous le nom de *nielle*, signalée et décrite sommairement sous ce nom par différents auteurs qui se sont occupés de la culture du tabac (1), est répandue dans les années humides. Pour beaucoup de régions en Europe, et dans les autres parties du monde, tempérées ou chaudes, où on cultive également le tabac, elle semble être la plus répandue des maladies qui attaquent cette plante.

La première recherche scientifique dont ce mal ait été l'objet date de 1886, et est due à un savant hollandais, Adolf MAYER (**1**)*, qui, à cause de son apparence, lui donna le nom de *Mosaikkrankheit* (maladie de la mosaïque). Ce terme, bientôt généralement accepté, a remplacé beaucoup de noms locaux. Il est traduit en anglais par *mosaic disease*, en hollandais par *mosaik-ziekte*, en italien et en portugais par *mosaico*.

La Nielle ou Mosaïque vraie

Caractères extérieurs. — La *nielle* débute *toujours* dans le bourgeon terminal ou les bourgeons latéraux; l'observation montre, et tous les auteurs l'ont reconnu, que la feuille adulte où la croissance est terminée, est devenue réfractaire à la maladie, de telle manière que celle-ci ne peut débuter que dans les tissus en voie de croissance.

(1) MOURGUES : *Traité de la culture du tabac à l'usage des cultivateurs du Lot*, 1858. — Al. OLIVIER : *Des ennemis du tabac*, 1879. — J. TROUDE : *Les Maladies du tabac*, 1898, etc., etc.

* Les chiffres imprimés en lettres grasses et placés entre parenthèses se rapportent à l'index bibliographique placé à la fin du chapitre.

Quelques auteurs, Koning par exemple (19), faisant allusion à des cas où les feuilles inférieures lui paraissaient envahies les premières, avaient incontestablement affaire, et en même temps, à une affection différente, à la « maladie des taches blanches » dont je parlerai bientôt, ou à une rouille quelconque évoluant sur la plante en même temps que la nielle. Je n'ai jamais vu la maladie dans les couches, mais quelques auteurs l'y ont rencontrée. Le fait est possible et je ne vois aucune raison de le nier. La nielle peut envahir les bourgeons à toutes les périodes de l'évolution du pied de tabac. On l'a vue apparaître moins de deux semaines après le repiquage. Dans les invasions suffisamment précoces, où quelques feuilles déjà parvenues à l'état adulte montrent les symptômes de la maladie, la partie supérieure de la plante présentant les caractères que nous allons décrire offre, avec la partie inférieure nécessairement indemne, un contraste marqué.

A sa période de parfait développement, la maladie présente deux ordres de symptômes : 1° modifications dans la couleur de certaines parties du limbe; 2° modifications dans la forme des feuilles atteintes.

La nielle se reconnaît facilement aux teintes variées et nettement limitées que montre le limbe. On trouve celui-ci tacheté de vert pâle, tirant vers le blanchâtre, mais non jaune verdâtre comme dans la chlorose des végétaux. Les régions vert pâle sont entremêlées de plages, où la coloration est d'un vert sombre, généralement plus marquée que la teinte verte uniforme de la plante saine. On ne voit aucune régularité dans la disposition de ces bigarrures à deux teintes différentes. Si l'on interpose la feuille niellée entre l'œil et une source vive de lumière, le soleil par exemple, le contraste entre les deux tons vert pâle et vert foncé s'accentue encore, le premier étant beaucoup plus transparent. Le toucher permet de reconnaître une plus grande épaisseur de la feuille dans les plages foncées, dès qu'elles sont un peu étendues, et c'est surtout sur le bord des taches, toujours

bien arrêté quant à sa coloration, que cette sensation devient précise. Si on enlève les feuilles niellées, les bourgeons latéraux qui prennent naissance présentent les symptômes de la nielle ; cette observation a déjà été faite par D. Iwanowsky (9).

Le fait de prendre naissance dans le bourgeon et de progresser du haut vers le bas, par suite du mode de développement des feuilles, en second lieu l'apparition sur les feuilles de taches vert pâle et vert sombre mélangées irrégulièrement, *constituent les seuls caractères constants dans la nielle.* Lorsqu'ils existent réunis, *seuls* ils permettent d'affirmer l'existence de la maladie et d'en faire sans difficulté le diagnostic. Les autres que nous allons décrire n'offrent pas un caractère de généralité, comme les précédents. Il faut dire aussi, et nous y insisterons plus loin, qu'un certain nombre d'auteurs ont embrouillé la question comme à plaisir, en attribuant à la nielle des symptômes appartenant à d'autres maladies, indépendantes de celle-ci, dont l'une quelconque d'entre elles coexistait avec la nielle sur le pied de tabac.

Toutes les variétés du *Nicotiana Tabacum* sont sensibles à la nielle, quoique à des degrés divers, et on doit reconnaître que l'apparence diffère quelque peu suivant les variétés; mais, à ce point de vue, les observations ou plutôt les documents publiés paraissent insuffisants et, en tous cas, ces différences sont de peu d'importance. Ainsi, par exemple, l'opposition entre les deux tons pâle et foncé sur la feuille est plus ou moins marquée suivant la variété; elle l'est sensiblement moins, par exemple, sur le Paraguay que sur le Dragon-vert.

La surface de la feuille niellée peut montrer, dans les parties colorées en vert sombre, un relief visible sur la face supérieure de la feuille, qui se traduit par un creux correspondant sur la face inférieure. Cette sorte de gaufrage, considéré par le professeur O. Comes et Mme Pirazzoli (36) comme caractéristique de la nielle, n'est pas, en tous cas, extrêmement fréquente en France, et je ne puis, comme ces



Fig. IV. — Pied de tabac atteint de la polyphyllie.

auteurs, le considérer comme le caractère capital de la nielle ou mosaïque vraie. Mes observations m'ont montré que la convexité des parties vert sombre est assez peu fréquente, surtout dans le nord de la France, sinon dans les invasions précoces. BEIJERINCK (15) a, de même, constaté en Hollande la rareté relative du gaufrage de la feuille.

Enfin, on rencontre encore, comme symptômes de la nielle, mais infiniment plus rares, la polyphyllie et l'avortement partiel, plus ou moins complet, du limbe. Ces cas sont rares en France; ils ont été signalés déjà, pour d'autres régions, par BEIJERINCK (15), A.-F. WOODS (21, 21 bis) et IWANOWSKI (9), et ces auteurs sont unanimes à les considérer comme l'indice d'une forme grave de la maladie.

La polyphyllie n'est pas absolument rare sur le Paraguay; j'en ai observé en 1903 des exemples précis à Beaurepaire (Isère).

Le symptôme consiste dans la ramification exagérée des pieds de tabac, ramification qui tient surtout au développement des bourgeons inférieurs, moins à celui des bourgeons moyens de la plante. Le raccourcissement marqué des mérithalles sur la tige, joint à l'apparence imprimée par l'allongement rapide de bourgeons les plus inférieurs qui, d'ordinaire, restent très courts, ou ne se développent pas, donne au pied atteint de la polyphyllie un faciès très spécial, bien différent de celui de la plante normale. Les feuilles des pieds polyphyllés présentent à un degré moins marqué que d'habitude le caractère de la nielle, en ce sens que l'opposition des teintes vert pâle et vert foncé est assez faible et le ton général à une certaine distance est un peu pâle. Le nombre des feuilles devient plus considérable que dans l'état ordinaire; elles sont plus ou moins longues et peuvent même atteindre la longueur normale, mais elles sont en même temps toujours étroites et lancéolées, en même temps qu'elles montrent à des degrés divers les autres caractères de la nielle. Parfois le limbe se rétrécit de façon asymétrique par rapport à la nervure centrale, de manière que le bord du limbe irrégu-

lier, souvent lobé, enlève à cette feuille l'apparence qu'on lui connaît généralement. Dans des cas plus rares, signalés plus spécialement par IWANOWSKY, en Crimée, cas que je n'ai pas rencontrés en France, le limbe peut avorter sur une ou plusieurs feuilles et la feuille se réduire presque exclusivement à la nervure médiane ; celle-ci à peine ou même non ramifiée latéralement est alors bordée d'une très étroite lame de limbe, généralement verte au contact de la nervure, pâle vers le bord libre. Je rapporte plus loin le cas d'un pied de tabac rencontré à Périgueux, où les quelques feuilles de la tige étaient ainsi entièrement réduites à la nervure médiane non ramifiée, excepté la feuille inférieure restée entière. Je n'avais aucune raison de rapporter ce cas à la nielle, les symtômes n'existant pas, et j'en ai fait une forme tératologique d'origine inconnue.

Al. OLIVIER a le premier signalé (*Mémoire cité*), l'apparition de la polyphyllie dans le cours de la nielle.

Mme PIRAZZOLI (36) déclare que la polyphyllie et les avortements du limbe, auxquels j'ai fait allusion, sont des lésions mécaniques étrangères à la nielle et superposées à elle ; mais le bien-fondé de cette opinion ne repose sur aucune preuve.

W. POLOWTZOW (4), a observé, en Russie, la polyphyllie que je viens de décrire et en a donné une figure ; je n'ai pu me procurer son mémoire.

Pour cet auteur et pour IWANOWSKI (9), ces diverses lésions ne peuvent prendre naissance dans le cours de la nielle, que par suite d'une trop faible humidité de l'air et d'une nourriture insuffisante de la plante. Je dois avouer que, pour ma part, à l'époque ou j'ai observé la polyphyllie, en Dauphiné, en septembre 1903, la saison avait été assez pluvieuse et les sols de Beaurepaire (Isère), où sévissait la maladie, étaient convenablement pourvus de matières fertilisantes.

La feuille niellée ne prend pas en surface toute l'extension que peut acquérir une feuille normale ; elle peut vivre

assez longtemps, mais cependant sa durée est moindre que celle d'une feuille saine poussant dans des conditions analogues. Quand la feuille, déjà depuis longtemps niellée, atteint le terme de son évolution, on voit les plages vert pâle virer peu à peu vers une teinte jaune clair, faiblement brunâtre, et les plages vert sombre se teinter d'un ton d'un brun plus foncé que les premières. Progressivement, ces teintes s'unifient à peu près, et à la fin quand la feuille est tout à fait morte et desséchée, son aspect diffère peu de celui d'une feuille morte saine et non niellée.

La feuille atteinte de nielle est sujette aux mêmes accidents que la feuille saine; elle peut être envahie par les mêmes « rouilles », dues à des causes diverses, parasitaires ou non. Ces accidents, fréquents pendant les périodes chaudes et humides de l'été, doivent être soigneusement distingués de la nielle ; et comme les mêmes conditions atmosphériques facilitent également l'extension de la nielle et des rouilles, on comprend, sans difficulté, que ces aspects pathologiques, de nature absolument différente, qui parfois coïncident sur une même feuille, aient pu être considérés par certains auteurs comme constituant une seule et unique maladie.

Généralement, la floraison est normale dans les tabacs niellés et les fleurs ne montrent aucune altération pathologique, quoique HEINTZEL (22) y ait trouvé quelques lésions. De même, les graines sont fertiles et semblent normales. La presque unanimité des auteurs s'accordent pour affirmer que les pieds de tabac niellés ne donnent pas une proportion plus considérable de pieds malades que les graines provenant de pieds sains. On peut aussi supposer cependant avec IWANOWSKI (9) qu'un certain nombre de graines stérilisées par le fait de la maladie ou peut-être même atteintes par celle-ci sont inaptes à germer. Des observations précises du Dr HUNGER (25) paraissent le prouver.

La tige et la racine ne représentent aucune altération visible qui puisse être imputée à la nielle.

Les feuilles atteintes de nielle semblent incapables de revenir à l'état normal. IWANOWSKI (9) cependant affirme avoir observé la guérison dans quelques cas ; il aurait vu les parties décolorées se rapprocher peu à peu de la teinte normale et l'épaisseur de la feuille tendre à s'égaliser, de manière que les feuilles revenaient d'une manière pour ainsi dire parfaite à leur aspect l'état normal. Je ne discute pas le fait, mais j'avoue ne l'avoir jamais rencontré, et cette opinion est générale chez les auteurs qui ont écrit sur ce sujet.

Les tabacs niellés n'atteignent jamais complètement leur développement normal, et même lorsque les conditions extérieures deviennent aussi peu favorables que possible à l'aggravation de la maladie, la « maturité » de la feuille reste toujours imparfaite. D'un autre côté, la combustibilité est mauvaise et l'arôme souvent altéré. Il s'ensuit que les tabacs niellés ne peuvent en général fournir un produit utilisable ; souvent la fermentation est défectueuse, et après fermentation, les feuilles s'effritent et se pulvérisent plus ou moins sous l'influence des diverses manipulations dont elles sont l'objet.

Les dégâts que commet la nielle sont d'une importance fort variable. On peut dire que pour les tabacs écimés, ils sont à peu près nuls, quand au moment de l'écimage les feuilles à conserver sont saines ; à ce moment ces feuilles étant adultes sont réfractaires à la maladie. Il est vrai que les bourgeons inférieurs peuvent être déjà niellés ou sont susceptibles de le devenir ; mais comme ces bourgeons sont destinés à être supprimés, le fait est sans importance. Si, au contraire, le début de la maladie est précoce et suit de près la transplantation, le dégât est alors en proportion du nombre de pieds atteints, car, dans ce cas, il y a bien des chances pour que sur un pied toutes les feuilles soient malades.

Lésions des tissus dans la nielle. — Les auteurs ne sont pas d'accord au sujet du siège de la maladie dans la feuille niellée. Les uns, MAYER (1), WOODS (21, 21 bis), IWANOWSKI (9) considèrent que ce sont les régions vert

clair; pour d'autres, au contraire, Beijerinck (15) par exemple, ce sont les régions vert sombre. Je pense, au contraire, que dans une feuille niellée tout le tissu est malade, partie claire aussi bien que partie sombre. L'une et l'autre, en effet, altérées de façon différente, ont une structure anatomique autre que celle de la feuille normale.

Si l'on examine au microscope des feuilles de tabac

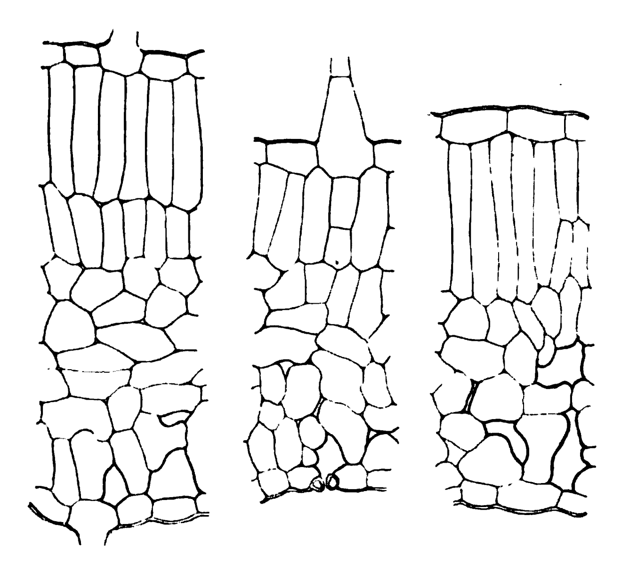


Fig. V. — Coupes transversales : à droite, dans une feuille de tabac sain ; à gauche, dans la portion vert foncé d'une feuille de tabac niellée : au milieu, dans une portion vert pâle de la même feuille.

saines, on trouve, avec quelque différence d'une variété à une autre, que les cellules en palissade occupent au moins les 2/5 de l'épaisseur du mésophylle compris entre les deux épidermes de la feuille ; que ces cellules en palissade sont au moins quatre fois plus longues que larges ; qu'elles renferment des chloroleucites abondants, de forme et de dimensions régulières, avec granulations plus foncées. De temps en temps, dans des régions formant un ilot, ces cellules en palissade prennent une cloison transversale parallèle à la

surface du limbe. Le noyau, assez volumineux, n'offre rien de particulier.

Considérons maintenant la partie vert foncé d'une feuille. Elle se rapproche assez de la structure normale, mais l'épaisseur de la feuille est sensiblement plus forte ; le parenchyme en palissade, un peu plus allongé, est dédoublé souvent en deux couches, au moins dans le Paraguay, qui est la seule variété que j'aie eu le loisir d'étudier au point de vue anatomique. Dans la couche spongieuse, les méats sont moins nombreux et moins volumineux que dans une feuille saine. Les chloroleucites y sont très colorés, nombreux, volumineux. L'emploi de l'eau iodée y montre des grains d'amidon abondants. Le noyau est normal.

Les parties claires de la feuille niellée ont un aspect tout différent. La feuille est sensiblement plus mince qu'à l'état normal et plus mince surtout que la partie vert sombre de la feuille niellée. Iwanowski (9) trouve ces deux épaisseurs dans le rapport de 2 à 3. Je trouve un chiffre un peu différent, 3 à 4, mais il est vraisemblable que ce rapport doit baisser quand l'intensité de la maladie augmente. La forme du tissu en palissade est toute différente. Les cellules sont toujours sur une seule rangée, du moins à l'état de jeunesse de la feuille ; plus tard, ça et là, un élément prend une cloison transversale, et les cellules, notablement moins longues que leurs homologues du tissu vert sombre ou du tissu d'une feuille saine, sont en même temps plus larges. Les chloroleucites sont peu colorés, moins nombreux, plus volumineux que dans les parties vertes. Le noyau ne diffère pas sensiblement. L'amidon est peu abondant, au moins sur les feuilles jeunes, et sur certaines taches on en trouve à peine.

Cette description correspond à peu près, d'ailleurs, à celles qu'ont donnée A. F. Woods (21) et D. Iwanowski (9). Avec la teinture de gaïac fraîchement préparée, on observe dans les cellules des feuilles de tabac, comme en maints autres cas chez les plantes, une coloration bleue qui indique la présence de diastases oxydantes ; mais j'avoue n'avoir pas

constaté de différences marquées entre des préparations de feuilles saines, comparées aux précédentes.

Il est facile de se rendre compte que les parties vert sombre sont l'objet d'une croissance exagérée, alors que celle-ci est retardée dans les parties claires. Ce fait a été nettement mis en lumière par A.-F. WOODS (21). Bien que les parties pâles prélevées pendant le jour renferment beaucoup moins d'amidon que les portions vert sombre, si on observe comparativement au microscope les tissus d'une feuille récoltée tôt le matin, on voit que dans les éléments du tissu vert sombre, l'amidon est pour ainsi dire absent, tandis que dans les régions vert pâle, il en persiste toujours une certaine quantité. Ceci prouve que, pendant la nuit, l'amidon qui était très abondant le jour dans la partie sombre a été complètement transformé en glucose, tandis que dans la partie claire, ce même amidon, quoique notablement moins abondant, n'a été qu'incomplètement modifié. Dès lors, il est prouvé que les parties pâles assimilent moins que les sombres, ce qui explique le retard de leur croissance. C'est à la suite de leur croissance exagérée que les plages vertes arrivent à devenir bulleuses, convexes sur la partie supérieure de la feuille; le développement et l'augmentation dans le nombre des éléments étant plus rapide que la croissance des nervures qui enserrent la tache, celle-ci ne peut se maintenir dans le faible espace qui lui est dévolu et elle se déforme.

Nous avons dit que la démarcation entre les parties claires et les parties sombres est toujours bien tranchée. On la voit, en effet, comme l'a déclaré IWANOWSKI (9), s'opérer sur l'épaisseur de deux ou trois cellules.

L'examen des coupes de feuilles niellées vivantes à un très fort grossissement ne montre, aussi bien dans les parties claires que les foncées, aucun organisme vivant étranger, mycélium ou bactérie mobile. L'opinion des auteurs, à ce point de vue, est à peu près unanime. On rencontre, il est vrai, de fines particules mobiles, mais on peut s'assurer, par

l'emploi de l'alcool fort, que ces mouvements sont purement passifs. Divers auteurs, KONING (19), IWANOWSKI (9), les avaient déjà notées.

La cause de la nielle. — L'apparition et le développement de la nielle sur le tabac sont fortement influencés par l'effet de diverses circonstances extérieures à la plante. Les auteurs qui ont fait des recherches sur la nielle ou mosaïque du tabac sont unanimes sur ce point. La simple observation des praticiens a, d'ailleurs, depuis longtemps fait reconnaître, pour le cas actuel, l'influence indéniable des actions météoriques, de la nature du sol ou des engrais qui y sont appliqués. Les temps brumeux et doux succédant à un soleil chaud, accompagnés de la persistance de l'humidité pendant une certaine période, la nature argileuse du sol, l'application d'un engrais organique fortement azoté, et surtout incomplètement consommé sont, à coup sûr, des conditions très favorables au développement de la nielle. Mme F. PIRAZZOLI (36) et son maître, le professeur O. COMES, HUNGER (25), attribuent aussi une influence aux blessures des racines et à la transplantation; mais je dois avouer que, pour ma part, l'action de ce dernier facteur me paraît moins prouvée. En tous cas, il est impossible d'assurer que ce soit la cause unique et réellement efficiente de la maladie, ainsi que le croit Mme PIRAZZOLI (36). Nous allons voir que, par l'examen des travaux faits au sujet de la mosaïque, l'hypothèse d'un parasitisme n'est pas mieux établie. On peut donc dire qu'à l'heure actuelle, la cause précise de la maladie de la nielle est encore totalement inconnue, et que si on peut faire des hypothèses, il n'en est aucune qui jusqu'ici, autant qu'il semble, présente le caractère de la certitude.

ADOLF MAYER (1) considère la maladie comme sporadique dans les champs, sans qu'on puisse dire qu'il y ait infection directe de plante à plante. Il n'a pas trouvé de différences sensibles dans la composition chimique des feuilles saines et des feuilles malades. Par l'emploi du suc de feuilles malades broyées avec un peu d'eau, il a pu reproduire la maladie.

MAYER a tendance à considérer la nielle ou maladie de la mosaïque comme étant de nature bactérienne, mais il avoue qu'il n'a pu voir ni isoler l'organisme qu'il suppose être la cause de la maladie; il croit que cette cause est à rechercher dans la terre des champs de tabac et des couches à semis. Il déclare encore qu'un pied de tabac planté en terre à la même place et à la suite d'un autre est plus exposé et il recommande surtout comme base du traitement le renouvellement du sol de semis et la rotation des cultures.

MAYER, en injectant à des plantes saines le suc extrait de plantes malades, a pu, avons-nous dit, reproduire la maladie. Après filtration du suc sur une simple feuille de papier, il a vu que les propriétés infectantes de ce suc sont conservées; elles sont supprimées avec un papier double, fait qui fut positivement nié plus tard par D. IWANOWSKY (9). Chauffé à une température très proche du point d'ébullition, le liquide perdait aussi sa faculté infectante.

Il est à observer que si MAYER a décrit la nielle typique, il y a introduit un symptôme étranger à cette maladie, superposé à elle, comme le fait se rencontre parfois. Cet élément est, sans doute, une rouille blanche, mais la description n'est pas assez précise pour qu'on puisse en être certain. Cette apparence de rouille dont il parle débute par les feuilles de base et n'appartient pas à la nielle ou mosaïque vraie.

W. BEIJERINCK (15) a fait des expérimentations et émis une théorie qui méritent de nous arrêter. Comme Mayer, il n'a sans doute pas toujours discerné, dans le facies rouillé final qu'on rencontre parfois dans la nielle, ce qui revient en propre à la maladie; néanmoins, ses études faites avec une grande sincérité ont un intérêt considérable. Un autre reproche qu'on peut faire au travail de BEIJERINCK, c'est d'avoir confondu l'albinisme et la panachure avec la nielle ou mosaïque vraie, ou, du moins, de ne pas les différencier convenablement. Nous verrons plus loin que ce sont deux affections très distinctes. En tous cas, les figures en couleurs des deux planches annexées à son mémoire se rapportent

exclusivement à la nielle; la fig. 2 de la planche II montre seulement, en même temps que la nielle, quelques taches d'une rouille jaune à macules peu étendues.

Dans ses expériences d'infection qu'il a effectuées sur des plantes en pots, Beijerinck a utilisé 1° le suc extrait des feuilles, qu'il injecte avec une seringue de Pravaz sous le sommet végétatif et à différentes hauteurs sur la tige; 2° la terre de culture de la plante. La maladie se manifeste d'autant plus vite que l'infection a été faite plus près du sommet. L'infection à l'aide de la terre est toujours plus tardive.

L'auteur a constaté, comme moi-même en beaucoup d'endroits en France, que le gaufrage des parties vertes des feuilles n'est pas très fréquent dans les champs; d'après les observations de Beijerinck, il serait presque la règle dans les infections artificielles.

Beijerinck fait ressortir ce fait déjà mis en lumière par Iwanowski (5 et 6), mais ignoré par lui quand il écrivait son mémoire, que le suc de feuilles ayant traversé un filtre Chamberland reste infectieux. Parmi les autres expériences qu'il a faites, il en est une qui doit être citée : Sur une plaque enduite de gélose (agar-agar) stérilisée, il fait couler des gouttes du suc d'une plante niellée, contenant les fragments de la feuille écrasée. Il suppose que bientôt la diffusion du suc de tabac se fait dans la gélose et que cette dernière se charge d'une certaine quantité des produits solubles du suc. En tous cas, au bout de dix jours, l'expérimentateur enlève entièrement le suc de tabac de la surface de la gélose et lave soigneusement celle-ci avec de l'eau stérilisée d'abord, puis avec une solution de sublimé. Pour rendre son expérience plus rigoureuse, il détache avec une spatule en platine la mince couche de gélose qui a été en contact avec le suc sur une épaisseur d'un demi-millimètre environ. Le restant de l'épaisseur de gélose est partagé en deux couches superposées qui chacune reproduisent l'infection sur une

plante saine. La couche supérieure plus chargée de suc donne une infection plus intense.

Dès lors, l'auteur qui, à l'aide du microscope, n'a pu mettre en évidence aucun organisme étranger dans la plante malade qui a échoué dans tous les essais de culture auxquels il s'est livré au sujet de cet organisme, se trouve amené à formuler ces conclusions :

Que la cause de la maladie n'est pas bactérienne ; qu'elle présente un type nouveau de maladie infectieuse dû à une substance dissoute qu'il appelle *contagium vivum fluidum*. Il ajoute en plus que ce *contagium* reste inerte vis-à-vis d'une substance organique non vivante ; que les seuls organes en voie de croissance, c'est-à-dire des organes jeunes où les éléments sont encore en état de pouvoir se diviser, sont les seuls capables de s'infecter ; que dans ces organes, le virus qui est l'agent du contagium est susceptible de multiplication au contact du protoplasma ; que les organes adultes qui sont insensibles à l'action du contagium peuvent cependant le transporter, ce qui expliquerait pourquoi, sur une plante malade, les bourgeons axillaires d'une feuille restée saine sont cependant souvent atteints ; que ce virus peut être desséché sans perdre son pouvoir d'infection ; qu'en présence de l'humidité, le virus peut hiverner dans le sol en dehors de la plante; que l'ébullition annule l'action virulente du contagium ; que l'addition du formol au suc de la plante, l'amoindrit ou la détruit selon les doses.

Beijerinck a bien obtenu un début de maladie en infectant une plante avec une culture première sur une plaque de gélatine d'une bactérie très répandue sur les plantes, *Bacillus anglomerans ;* mais cette culture avait été obtenue simplement en laissant tomber le suc de la plante sur la surface de la gélatine et c'est la petite quantité de ce suc injectée en même temps que la bactérie qui serait, d'après lui, l'origine de ce début d'infection.

Sans discuter les expériences de Beyjerinck, il est permis de considérer que les arguments qu'il fournit sont certaine-

ment insuffisants pour démontrer l'existence du contagium vivum fluidum, qui reste une simple hypothèse non prouvée.

Divers auteurs, depuis cette époque, ont opposé à la théorie de BEIJERINCK divers arguments, qui, en dehors de son peu de vraisemblance, en ont déterminé l'abandon définitif.

KONING d'abord (19[bis], p. 67), pense qu'il y a peut-être dans le suc de tabac niellé une de ces bactéries d'une ténuité telle qu'elle échappe aux objectifs les plus puissants et traverse les filtres à bactéries, comme par exemple le microbe de la fièvre aphteuse.

Le D[r] E. ROUX, de l'Institut Pasteur (32), émet la même opinion ; il pense que des bactéries d'une dimension inférieure à 1/10 de μ sont invisibles aux plus forts grossissements des microscopes. A son avis, il y a peut-être dans les feuilles de tabac atteintes de nielle des bactéries très fines avec leurs spores. Pour élucider la question, il faudrait utiliser un filtre à pores plus fins que celui de Chamberland.

Wm. C. STURGIS (18) a décrit sur les tabacs du Connecticut trois maladies : *mottled top* (sommet pommelé), qui est la nielle ou mosaïque vraie ; le *spotting*, une rouille, la maladie des taches blanches du tabac, sans doute, qu'il croit identique au Pockenkrankheit de IWANOWSKI et POLOWTZOW (4, 5, 6 7, 8, 9) ; enfin, le *calico*, qui ne semble pas différent de la forme ultime que prend parfois la nielle en période très humide et dans laquelle on aperçoit sur la feuille des taches d'une rouille brun-jaunâtre. Le calico n'est peut-être aussi que la coïncidence de la nielle et de la maladie des taches blanches sur un même pied. L'auteur pense, en tous cas, que le calico est une forme grave de « mottled top » et la description qu'il en donne justifie cette appréciation. La maladie apparaît dans les sols argileux.

STURGIS ne peut affirmer que la nielle ou mosaïque vraie qu'il décrit sous d'autres noms soit due à des bactéries ; elle ne semble pas contagieuse et il n'a pu la reproduire par des infections artificielles. Il semble plutôt disposé à la considé-

rer comme maladie purement physiologique, causée d'abord par le brusque changement des conditions atmosphériques qui trouble l'équilibre normal de l'évaporation de l'eau par les feuilles, et secondairement par les conditions qui empêchent le rétablissement rapide de cet équilibre.

Il est certain que les conditions invoquées par l'auteur, comme capables de produire la maladie, se présentent très généralement lorsque la nielle est commune.

C.-J. Koning (19. 19[bis]) a décrit avec précision la mosaïque vraie; mais il ne la différencie pas nettement de la maladie des taches blanches, avec laquelle il l'a certainement parfois rencontrée. Dans son premier mémoire d'ensemble sur la maladie (19), il a ignoré les premiers travaux d'Iwanowski, auxquels il fait allusion dans un second mémoire (19[bis], note p. 79), à la suite d'une réclamation de ce dernier auteur.

Koning déclare la maladie infectieuse. Si l'on arrache un pied malade et qu'on mette à sa place un pied sain, ce dernier montre la mosaïque au bout de quatre semaines. Dans une couche où la mosaïque prend naissance tous les ans, si on remplace le sol par une terre vierge, la mosaïque disparaît (19[bis], p. 32). Ce dernier fait avait déjà été noté par Mayer, en 1888 (2) et par E. Marchal, en 1895 (14). Koning a reproduit l'infection par les procédés suivants : 1° Un petit morceau de feuille malade est introduit dans la nervure d'une feuille saine; 2° Le suc d'une plante est répandu sur la terre autour d'une plante saine; 3° Une feuille malade est écrasée entre les doigts, que l'on applique ensuite sur la surface de la feuille d'une plante saine. Toutes les plantes ainsi traitées furent malades en trois semaines.

Koning n'a pu infecter un tissu âgé; de même, l'infection n'a pu être produite sur la tige à la suite d'une blessure du parenchyme.

Koning a obtenu des cultures de quelques bactéries en ensemençant des feuilles malades; plusieurs de ces bactéries lui ont donné des infections. Mais, comme seules les cultures de première génération produisaient l'infection, l'auteur

explique ces infections par le fait de l'introduction, dans le liquide de culture, de la petite portion de feuilles malades d'où provenaient les bactéries ensemencées.

L'auteur déclare, de plus, et sans pouvoir expliquer comment, avoir obtenu des infections en employant des cultures de la bactérie des légumineuses, d'un *Beggiatoa* et d'un *Streptothrix*.

Contrairement aux affirmations de BEIJERINCK, KONING assure, d'après son expérience personnelle, que l'agent pathogène ou le virus est tué dans le sol après l'hiver, ou du moins n'y conserve pas son pouvoir infectant. Une macération dans la glycérine, de la feuille malade, coupée en menus morceaux, ne transmet à ce liquide, filtré ou non, aucune virulence. Un chauffage de 5 minutes à 100° n'enlève pas au suc des feuilles malades le pouvoir infectant; cette opinion est contraire à celle de BEIJERINCK. Le suc filtré une seule fois au filtre Chamberland conserve sa virulence, quoique la maladie s'établisse plus lentement; mais la virulence disparaît après plusieurs filtrations, de deux à quatre.

Quand on traite le suc de plante malade par l'alcool absolu, le précipité repris par l'eau n'est pas infectant. MAYER (1) avait conclu de même; mais nous verrons plus loin qu'IWANOWSKI (9) affirme le contraire.

Comme conclusion, l'auteur qui n'a pu ni observer ni isoler une bactérie pouvant être considérée comme spécifique de la nielle, conclut qu'il s'agit nécessairement d'une de ces bactéries invisibles, comme celles de la rage ou de la fièvre aphteuse. Comme traitement, KONING conseille l'emploi de la kaïnite et des scories qui lui ont donné les meilleurs résultats en augmentant la résistance de la plante.

Van BREDA DE HAAN (20), rencontre dans les cellules de la plante niellée des masses d'apparence bactériennes. Il a pu isoler des plantes malades une bactérie qu'il spécifie d'une façon assez obscure. La contribution qu'il apporte est sans grande importance.

A.-F. WOODS (21) a fait toutes ses expériences sur des

tabacs cultivés en pots pendant l'hiver et placés en serre; il attribue la maladie, non pas à la présence d'un virus vivant, comme BEIJERINCK, ou à une bactérie invisible, comme KONING, mais à l'action de diastases oxydantes, oxydases et surtout peroxydases, qu'il déclare être au moins deux fois plus abondantes dans les parties claires que dans les parties sombres des feuilles niellées. WOODS explique d'une façon rationnelle (21 bis), que j'ai rapportée plus haut, la croissance plus rapide des parties sombres. Il considère que ce retard et cet affaiblissement très marqués de la saccharification tiennent à ce fait que les diastases oxydantes ont une influence non douteuse sur la production et l'action de l'amylase. Il a établi à ce sujet des expériences dont les résultats lui ont paru concluants. Voici comment il procédait. WOODS isola un certain volume de diastases oxydantes de tabac. Il le divisa en deux parts égales, dont l'une fut chauffée à une température suffisante pour la rendre inactive. D'un autre côté, deux mixtures identiques furent faites avec 10 milligrammes d'amidon de pomme de terre et 10 milligrammes de l'amylase du tabac. L'une de ces mixtures (A) fut additionnée d'oxydase active (non chauffée), l'autre (B) d'oxydase inactive (chauffée). Les deux solutions A et B sont placées pendant 30 minutes à la température de 45°. Au bout de ce temps, tout l'amidon en B est saccharifié. En A, il n'a encore atteint que la phase érythrodextrine. Je dois dire de suite que ce résultat a été nié par HUNGER (27). Cet auteur a répété l'expérience de WOODS et il a constaté que, dans les deux cas, A et B, l'amidon était saccharifié également vite (58 minutes).

WOODS pense que par suite de l'action des oxydases, il se produit un trouble de l'activité cellulaire, qui se traduit par les caractères que nous connaissons. Les expériences de résistance du suc de feuilles malades à l'action de divers agents, chaleur par exemple, seraient, pour l'auteur, en parfaite conformité avec les propriétés chimiques des oxydases et surtout des peroxydases.

WOODS admet que dans les cultures la maladie apparaît

spontanément, sans aucune infection, et il a pu la produire en injectant du suc de plante saine (qui renferme oxydases et peroxydases), de la terre quelconque : ce qui, de l'avis de beaucoup de personnes et du mien, revient bien à dire que la maladie s'est montrée spontanément. Il croit d'ailleurs que le suc de la plante renferme un zymogène susceptible de produire les diastases oxydantes, mais il n'en a pas prouvé l'existence. Il déclare aussi que la putréfaction cellulaire mettant les diastases en liberté sans les détruire, on peut ainsi expliquer l'infection du sol par la décomposition des racines du tabac. L'excès d'azote active la maladie, l'écimage la provoque.

Woods conseille pour éviter la nielle de veiller à conserver l'intégrité des racines, de rejeter un sol trop riche surtout en azote, d'utiliser le drainage, le chaulage et l'ombrage.

Les opinions de Woods ont été réfutées par divers auteurs :

Koning (19 ter) lui oppose divers arguments dont le seul vraiment à retenir est celui-ci : La théorie de Woods est incapable d'expliquer pourquoi la mosaïque disparaît à basse température, ce qui indiquerait pour les diastases oxydantes une sensibilité exceptionnelle vis-à-vis du froid.

D'après Iwanowski (9), le fait qu'on peut réussir des infections de la maladie de la mosaïque est en opposition avec l'hypothèse de Woods. D'un autre côté, les oxydases conservent leur activité pendant plusieurs mois dans la glycérine ; or, Iwanowski broya des feuilles de tabac dans la glycérine, filtra après vingt-quatre heures et essaya avec le résidu des infections qui échouèrent : ce qui montre que les diastases oxydantes ne sont pas infectantes. Une expérience semblable avec résultat identique avait été faite auparavant par Koning (19).

Iwanowski n'a obtenu que des résultats négatifs en cherchant à produire la maladie par une fumure énergique, contrairement à l'opinion de Woods ; de même, l'injection du suc de plante saine n'a été suivie d'aucun effet. Iwa-

NOWSKI considère également que, avec des expériences effectuées comme le déclare WOODS, c'est-à-dire en hiver et en serre, on réunit les meilleures conditions pour le développement spontané de la maladie, et sans qu'il soit nécessaire de faire des infections. Enfin, on rencontre dans le tabac malade, aussi bien que dans le tabac sain, les mêmes oxydases et peroxydases, et l'opinion de WOODS que la cause de la mosaïque est due à une oxydase ou une peroxydase différente de celles connues jusqu'ici et s'en distinguant par son énergie et son pouvoir de multiplication dans les tissus, cette idée ne s'appuie sur rien. L'unique réaction par laquelle WOODS a montré la présence de cette oxydase particulière est précisément celle qui sert à mettre en évidence les oxydases ordinaires.

HUNGER (27) a opposé aussi à la théorie de WOODS des arguments de valeur, en dehors de l'expérience qui vient d'être rapportée. Il considère, à l'encontre de WOODS, que la quantité de diastases oxydantes n'est pas plus considérable dans les parties claires que dans les parties vertes des feuilles malades ou dans les feuilles saines. HUNGER n'a pu mettre en évidence les oxydases dans les sols, aussi bien ceux où vivent les plantes saines que ceux où on rencontre des pieds malades. De même, d'après des expériences de HUNGER, faites à Déli (Sumatra), l'écimage n'a pas sur la production de la mosaïque l'influence acceptée par WOODS. Enfin HUNGER déclare, d'après ses observations, que les diastases oxydantes, dans le tabac au moins, sont incapables de diffuser, résultat en contradiction avec la théorie de WOODS, ce qui est un argument très important contre la possibilité d'infection des racines par les oxydases; de même qu'IWANOWSKI (9), il n'a obtenu aucune infection avec le suc de tabac sain.

HEINTZEL (22) accepte les idées de WOODS au sujet de la cause de la maladie, et il admet avec lui que cette cause est une diastase oxydante également présente dans le tabac sain.

et produisant par endroits sur les feuilles niellées la disparition ou du moins une forte diminution de quantité de la chlorophylle.

D. IWANOWSKI, dans ses divers travaux (4, 5, 6, 7, 8, 9), a apporté également une contribution fort importante à l'étude de la mosaïque ; mais, autant qu'il semble, il n'a pas mieux réussi que ses prédécesseurs à élucider la cause du mal.

Dans la plupart de ses mémoires, IWANOWSKI a insisté sur le fait que la mosaïque vraie ou nielle peut être compliquée d'une autre affection qu'il appelle *Pockenkrankheit* (variole), qui paraît identique au « spotting » de STURGIS (18) et que l'auteur ne considère pas comme parasitaire. Je pense que Iwanowsky a dû comprendre sous ce vocable un certain nombre de cas de la maladie que j'appelle « maladie des taches blanches du tabac », qui sera décrite plus loin.

Dès 1892, IWANOWSKI (5, 6) avait reconnu que le suc de la plante malade reproduit l'infection en quinze jours sur une plante saine, par une simple application de ce suc sur l'épiderme ; que le jus chauffé jusque vers l'ébullition perd ses propriétés infectantes (il est à observer que KONING (19) déclare plus tard le contraire) ; que la filtration du jus, même au travers de plusieurs couches de papier, ne les lui enlève pas, ce qui est contraire à l'opinion de MAYER (1) ; que le passage à travers le filtre Chamberland laisse également au suc ses propriétés infectantes, mais que la maladie se développe plus lentement. L'auteur déclarait à ce moment avoir constaté la présence d'une bactérie dans les tissus malades ; mais il n'avait pu la cultiver sur des milieux très divers.

Dans l'étude de la mosaïque qu'il a donnée en 1903 (9), IWANOWSKI décrit d'abord l'aspect de la maladie, puis il fait l'historique des recherches antérieures, y compris les siennes (*).

(*) Indépendamment de la courte communication (11) que M. Prillieux et moi-même avons faite à l'Académie des sciences en 1894 et dont je m'abstiens de parler au sujet de la mosaïque, puisqu'en réalité, il s'agit là exclusivement de la « maladie des taches blanches », Iwanowski a cité un autre

Pour réaliser ses infections avec le suc, IWANOWSKI a employé, de préférence à la seringue de Pravaz, un tube capillaire ouvert; pour les infections pratiquées avec des parcelles de feuilles, il s'est servi d'un fil de platine, avec lequel il enfonça le fragment de tissu malade dans la plante saine. Il a vu la période d'incubation varier entre onze jours et trois semaines. Il faut encore noter dans ses observations un bon nombre de faits inédits :

Quoique la maladie ne montre aucun de ses symptômes sur la tige, le suc extrait de celle-ci est infectant. Les graines de plantes niellées reproduisent le plus souvent des pieds sains. Le voisinage d'une plante malade n'offre aucune chance d'infection pour une plante saine. La mosaïque peut, dans quelques circonstances rares, se montrer spontanément sur le tabac, dans une région où jusqu'alors le tabac n'avait pas été cultivé.

Le fait de la découverte de la bactérie de la fièvre aphteuse, qui avait suggéré à KONING (19 bis) et ensuite au docteur L. ROUX, de l'Institut Pasteur, l'opinion que la mosaïque est peut-être due à un agent bactérien invisible, fait penser à IWANOWSKI que le *contagium* de BEIJERINCK est *fixum* et non *solutum*. Aussi s'efforce-t-il d'élucider cette question, de se rendre compte si, par l'infection, on introduit une substance dissoute ou une substance mécaniquement répartie dans le liquide. Il constate d'abord l'exactitude du fait rapporté par

travail de nous. Il a fait allusion à une maladie, également bactérienne, de la betterave, la *jaunisse*, maladie qui présente quelques caractères extérieurs communs avec la mosaïque du tabac, mais qui est en réalité différente. Au sujet de la jaunisse de la betterave et, incidemment, de la mosaïque du tabac, Iwanowski nous attribue à M. Prillieux et à moi-même une opinion, que, dit-il, il a puisée dans la *Revue mycologique* (1899), où ladite opinion n'est pas émise, car nous ne l'avons jamais formulée. Iwanowski nous fait dire : « La culture des bactéries (de la jaunisse de la betterave) ne possède « pas la couleur verte, car les auteurs croyaient bien sans doute que l'exa- « gération de la coloration verte des feuilles mosaïquées tenait au pigment « du parasite... » Sur ma réclamation, M. Iwanowski, par lettre des 3-16 et 9-22 mai 1903, a eu l'obligeance de convenir qu'il y avait eu de sa part une confusion dont l'origine lui échappait. Une rectification a d'ailleurs paru dans le *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, 1903, t. XIII. p. 188.

Beijerinck, c'est-à-dire l'infection avec gélose sur laquelle on a fait couler le suc de la plante malade. Dès lors, pour Iwanowski, la question se réduisait simplement à se rendre compte si de très fines particules solides peuvent pénétrer la gélose. A cet effet, il prit une solution faible d'une encre (quelques gouttes dans 20 centimètres cubes d'eau), et il constata que la coloration était produite par de très fines particules qui ne traversaient pas le filtre à bactéries. Les particules colorées de l'encre pénétrèrent très manifestement la gélose et la teintèrent.

Iwanowski constata que la solution de gélose à 1 °/o, employée par lui, ne se laisse guère imprégner par le suc de la plante lorsqu'elle est de préparation récente; mais, si cette gélose a été confectionnée depuis un certain temps déjà, la pénétration est rapide et il a pu voir au microscope, dans cette gélose âgée, de très fins canalicules. Il observa, de plus, que la solution très récemment préparée de gélose additionnée du suc d'une plante malade, traitée ainsi que dans l'expérience de Beijerinck et injectée à des plantes saines, ne produisit aucune infection, alors que, pour la gélose anciennement préparée et traitée de même, l'infection fut évidente. Iwanowski conclut de ces expériences que le *contagium* est *fixum*, c'est-à-dire solide et non *fluidum*, c'est-à-dire liquide, et dû à de très fines particules, bactéries ou spores de bactéries, incluses dans le suc de plante malade. Iwanowski admet que si le contagium eût été fluide, l'une et l'autre des deux géloses eussent pu s'en imprégner. L'expérience est-elle probante et acceptable telle? Je ne veux point conclure.

Des feuilles conservées pendant huit mois dans l'alcool, puis placées pendant deux jours dans l'éther, séchées, broyées ensuite avec de l'eau, conservent leur pouvoir infectant. L'expérience a été répétée plusieurs fois. Sans le dire d'une façon précise, Iwanowski paraît attribuer ce résultat aux spores d'une bactérie, qui auraient persisté à l'état de vie latente, car des éléments végétatifs ne pourraient manifestement rester vivants dans de telles conditions. L'auteur a modifié

son expérience pour démontrer que dans des conditions de cette nature, ce sont exclusivement les parties solides du suc de la plante malade et non le liquide où elles sont incluses qui amènent l'infection. Il a procédé ainsi : 10 centimètres cubes de suc de feuilles malades furent traités par 150 centimètres cubes d'alcool à 95°; le liquide est rapidement filtré. Le précipité recueilli est traité par l'eau et soigneusement filtré. Le liquide aqueux, injecté à cinq plantes, ne produit aucune infection.

Lorsque le suc est filtré dans une bougie Chamberland, seul le liquide qui passe au début est infectant. C'est pour Iwanowski une nouvelle preuve que le contagium est bien *fixum* et non *fluidum*. Il considère, d'un autre côté, que ce contagium fixum ne saurait être constitué par le protoplasma modifié de la plante, non plus que par un organisme amiboïde, à qui on ne peut accorder la faculté de traverser un filtre à bactéries. Dès lors, le contagium ne peut être qu'une bactérie, et l'auteur va maintenant chercher à la mettre en évidence par ses observations microscopiques. Je dois dire de suite qu'à mon avis, il n'y parvient qu'imparfaitement. La lecture de cette partie de son mémoire fait éprouver le sentiment que l'auteur n'est pas sûr de lui-même ; et, malgré la quantité, sinon la qualité, des arguments qu'il accumule, le lecteur n'est pas persuadé.

Iwanowski a recherché la bactérie parasite dans les parties pâles des feuilles, qu'il considère comme étant les seules malades. Avant examen au microscope, il injecte ces feuilles avec une solution de salpètre à 1 °/o, dans laquelle il examinera les coupes. Son but est évidemment de constituer, par ce liquide d'examen, une solution isotonique du liquide cellulaire, de manière à laisser au contenu cellulaire sa structure normale; mais il n'y a pas réussi complètement, car il avoue que le contenu des cellules se modifie au bout de quelque temps dans cette solution de nitrate de potasse. On doit évidemment attribuer ce fait, au moins en grande partie, à la concentration du liquide qui bientôt

atteint, par évaporation, une teneur suffisante en salpêtre pour déterminer un commencement de plasmolyse. Mme PIRAZZOLI (36) admet cette production de plasmolyse et il est possible qu'elle soit la seule cause des modifications décrites par IWANOWSKI dans les cellules en palissade du tissu vert pâle de la feuille de tabac niellée.

Dans le voisinage du noyau de ces cellules, qui n'est pas sensiblement modifié, l'auteur trouve des corps amorphes, ayant assez bien l'apparence d'amibes parasites, mais qui, lorsque le noyau ne se trouve pas dans la portion de la cellule que l'observateur a sous les yeux, pourraient tout aussi être considérés comme le résultat d'une division directe du noyau (amitose). IWANOWSKI a vu parfois aussi dans les cellules des granulations qui pourraient être sans invraisemblance considérées comme des bactéries. KONING (19) a rencontré la même apparence et ne se prononce pas catégoriquement ; j'ai constaté moi-même le fait et me suis expliqué plus haut sur ce sujet : je ne puis douter que ce soient simplement des granulations protoplasmiques, le plus souvent animées d'un mouvement brownien.

Après fixation à l'alcool bouillant, il cherche à mettre en évidence la bactérie dans la cellule par une double coloration, pour laquelle il met en œuvre la série d'opérations suivantes : coloration à chaud pendant une ou deux minutes avec la solution Lœffler au bleu de méthylène, lavage à l'alcool à 70°, séchage à l'aniline, deuxième coloration par l'éosine en solution dans l'essence de girofle, passage au xylol, montage de la préparation dans le baume du Canada. Le protoplasma, les leucites, la membrane sont colorés en rose par l'éosine, le noyau est bleu.

On voit encore dans la cellule des lamelles diversement contournées, incluses dans le protoplasma et se résolvant en de nombreux et très petits corpuscules colorés en bleu. IWANOWSKI considère ces lamelles comme des zooglées englobant des bactéries, dont la forme est peu caractéristique. Ces zooglées renferment souvent un précipité abon-

dant d'oxalate de chaux, et, de l'aveu même de l'auteur, elles pourraient être prises pour des noyaux hypertrophiés et dégénérés, quand on ne voit pas le noyau authentique à côté de la zooglée ou prétendue telle. Ces zooglées ne sont fréquentes que dans les cellules en palissade du parenchyme vert pâle du limbe. On en trouve de temps en temps dans une cellule du parenchyme lacuneux, jamais dans les parties vertes.

J'ai coloré, très exactement, d'après le mode indiqué par Iwanowski, après fixation par l'alcool bouillant des coupes faites dans des feuilles saines de tabac et j'ai constaté comme lui la coloration bleue du noyau et la coloration en rose du protoplasma, des leucites et de la membrane. Mais si l'on a une préparation quelque peu étendue, on trouve de temps en temps dans quelques cellules un dépôt amorphe, irrégulier de forme, coloré en bleu, qu'il est impossible de différencier au microscope, distinct du noyau qui est généralement reconnaissable, malgré sa désintégration partielle. Sur des feuilles fixées à l'alcool absolu et à froid comme on fait d'ordinaire, je ne trouve rien de semblable. Quand j'ai fait cette recherche, tout récemment (décembre 1905), je n'avais, comme tabac niellé, que des feuilles desséchées et je ne pouvais, sur ces feuilles sèches, répéter avec chances de succès, les opérations conseillées par l'auteur. Quelle est la nature de ces dépôts amorphes? Il est difficile de se prononcer; il est possible, comme le donne à supposer Mme Pirazzoli (36) que ce soient des dépôts de substances dissoutes dans le suc cellulaire et précipitées par l'alcool bouillant.

Un caractère présenté par les prétendues zooglées d'Ivanowski me fait encore douter que ce soient en réalité des organes de cette nature : beaucoup de ces zooglées, d'après l'auteur, paraîtraient comme creuses et ne montreraient les bactéries que dans le voisinage de leur surface.

Tout récemment, Hunger (31) repousse définitivement toutes ces interprétations d'Iwanowski. Il affirme, en effet, avoir réussi à faire disparaître de la cellule les soi-disant

zooglées et les bactéries qu'elles renferment en éclaircissant la préparation par le « phénolchloralhydrat ». Dès lors, l'hypothèse de l'origine bactérienne de la nielle perd encore une grande partie de sa probabilité, et on ne peut guère conserver que cette supposition, bien délicate à démontrer, des « bactéries invisibles ». Encore sera-t-il possible d'interpréter les choses de façon différente.

Les essais de culture de la bactérie tentés par IWANOWSKI ne sont pas plus convaincants. Il n'est pas parvenu à cultiver sa bactérie de la mosaïque sur suc filtré de feuilles. Cette bactérie doit, d'après lui, présenter des spores ; de plus, les deux faits que le suc supporte la température de 100° cinq minutes, sans perdre ses propriétés (KONING, 19), et que l'action prolongée de l'alcool ne les détruit pas non plus ; ces faits, dis-je, donnent à supposer, comme nous l'avons déjà dit, que le suc ne renferme que des spores qui traversent les filtres en porcelaine et non des éléments végétatifs de bactéries.

Pourquoi ne rencontre-t-on pas, à un moment donné, les éléments bactériens végétatifs dans ce suc? L'auteur n'en peut évidemment donner aucune raison plausible, sinon celle déjà fournie antérieurement par KONING. IWANOWSKI a, en tous cas, isolé du suc non filtré de feuilles malades une bactérie avec laquelle il a fait des séries d'infections; mais elles paraissent bien discutables.

Ce bacille formerait dans les cultures jeunes de longues chaînes droites de bâtonnets ayant chacun 0,3 μ en longueur et largeur. Il liquéfie faiblement la gélatine et produit dans les cultures de grandes quantités d'acide oxalique. Cultivée sur gélatine à 20 pour °/°, la bactérie en question colore le milieu en noir intense, mais seulement dans la partie profonde. Avec la mort du microbe, la coloration disparaît, mais la gélatine perd sa qualité de pouvoir se liquéfier à la chaleur.

Il est permis de supposer que ce bacille serait incapable de traverser les filtres à bactéries qu'on emploie aujour-

d'hui, et que malgré ses faibles dimensions, s'il existait dans les cellules, on en trouverait bien quelques traces.

C'est à peine la nielle que BOUYGUES (**33**), puis BOUYGUES et PERREAU (**34**) ont en vue dans leurs travaux. BOUYGUES (**33**) ne décrit qu'une rouille blanche ou la « maladie des taches blanches » du tabac. Aussi, la partie qui pourrait surtout paraître intéressante dans ces deux mémoires perd-elle nécessairement toute l'importance que les auteurs ont cherché à lui donner. Ils ont tenté de résoudre la question en partant de graines récoltées sur pieds sains. Ils recueillirent, en 1903, des graines provenant d'auto-fécondation sur un pied complètement dépourvu de maladie, quoique entouré de tous côtés de pieds envahis. Ces graines furent semées sur une couche chaude établie en terrain neuf *avec du fumier rigoureusement exempt de détritus de plants de tabac niellés.* Parmi les jeunes pieds, 102 furent repiqués et, parmi eux, 98 pour 100 restèrent sains. Les auteurs concluent, par suite, à l'excellence de leur procédé. Or, au sujet de cette conclusion, il est nécessaire de faire observer d'abord que les auteurs qui se sont occupés de la question de la nielle sont unanimes à considérer que les graines issues de pieds niellés ne donnent pas un pourcentage de pieds malades plus élevé que les graines issues de pieds sains. HUNGER (**25**, pages 63 à 65) donne même comme résultat de nombreuses expériences qu'il a faites les chiffres suivants sur le taux de la nielle dans la descendance des pieds niellés et des pieds sains : A Déli (Sumatra), il trouve des moyennes 27,62 *(a)* et 31,22 *(b)* pour 100 de pieds niellés dans la descendance de deux lots de pieds sains, et 15,21 pour 100 seulement de malades dans la descendance d'un lot de pieds niellés *(c)* (*). En second lieu, dans leur communication (**34**), BOUYGUES et PERREAU négligent de parler de l'état des pieds de tabac environnant ceux qui étaient en observation; en un mot, l'expérience a été faite sans que les auteurs aient établi de témoins ou, du

(*) Le lot de graines *(a)* germait à 85 pour 100, le lot *(b)* à 73 pour 100, le lot *(c)* à 66 pour 100.

moins, ils négligent d'en parler. D'un autre côté, l'année 1904 a été particulièrement sèche en France, la nielle et la « maladie des taches blanches » ont été, en général, rares. Pour toutes ces raisons, l'expérience, qui ne peut guère se rapporter qu'à la rouille blanche ou à la « maladie des taches blanches », est dépourvue d'intérêt pour la nielle. Une expérience, faite par Iwanowski (9, p. 15), s'applique aux considérations précédentes; il me paraît intéressant de la rapporter : Il a pris une plante malade bien isolée de toutes ses voisines, pour éviter la fécondation croisée et cette plante se féconda avec son propre pollen. Les graines mûres, semées l'année suivante, fournirent environ une centaine de pieds dont aucun ne fut malade de nielle.

Le Dr F.-W.-T. Hunger, dans les mémoires relativement nombreux qu'il a consacrés à l'étude de la nielle ou mosaïque, étudiée par lui à Déli (Sumatra), a fait de nombreuses observations dont nous allons rapporter les plus intéressantes; il a, de plus, comme nous l'avons vu, discuté et réfuté, un certain nombre de faits et d'opinions acceptés par d'autres qui l'ont précédé dans cette voie. Néanmoins, la conclusion, élégante certainement, et en tous cas ingénieuse, à laquelle il arrive, la cause essentielle qu'il attribue à la mosaïque, ne constitue, quant à présent, qu'une hypothèse, qui n'est guère plus acceptable que les précédentes.

Dans son mémoire le plus important (25), Hunger rapporte ses principales expériences au sujet de la mosaïque. Les résultats obtenus les plus importants sont les suivants : La troncature des racines à la transplantation augmente le nombre des cas de mosaïque. La greffe de bourgeons pris sur pied niellé, transportés sur un support sain, amène la nielle des feuilles qui se développent ultérieurement sur le greffon aussi bien que sur le support. Le greffage d'un bourgeon sain sur un support malade amène la maladie sur le bourgeon, dès que la croissance y commence. L'arrachage des pieds malades n'empêche pas l'extension de la maladie. La

replantation dans un sol formé de la terre entourant des racines de plantes malades n'a aucune conséquence au point de vue de la maladie, opinion contraire à celle de Koning (19) et d'autres auteurs. Les diverses recherches sur la fumure ne lui ont donné aucun résultat précis. Les plantes attaquées de la nielle dès le début, dans une plantation, ne constituent pas un foyer de maladie. Des alternances de soleil très chaud et de pluies intenses sont des conditions facilitant grandement l'apparition spontanée du mal. On peut transmettre la maladie en plantant le tabac dans un sol où ont végété des plantes malades, ce qui semble en opposition avec ce que l'auteur a avancé à l'instant. La terre imprégnée de suc de feuilles atteintes amène la production de la maladie sur une plante préalablement saine qui y a été placée. On n'obtient aucune infection en enduisant les feuilles d'une plante saine avec le suc de feuilles de tabac malades, résultat en opposition avec celui énoncé par Iwanowski (5, 6).

Des observations longuement suivies (26, 29, 30) lui ont montré qu'à Sumatra le mode le plus fréquent de transmission de la mosaïque s'opère simplement par le toucher manuel pendant les soins culturaux donnés au tabac, et cela, sans aucune blessure de la plante. Dans des lots plantés en tabac, sur lesquels on faisait recueillir les chenilles, tous les pieds étaient atteints, tandis que dans des lots contigus où la recherche des larves n'était pas faite, les plantes restaient saines. L'auteur ajoute que quelques pieds de tabac seulement ont résisté à des attouchements répétés — *et c'étaient des plantes délicates*. Il attribue à la maladresse des coolies indiens, chargés de la récolte des chenilles, cette extension considérable de la mosaïque; par suite, il juge rationnel d'éloigner du champ une plante malade dès qu'elle montre les premiers symptômes de maladie. S'il en est ainsi, l'écimage doit nécessairement, s'il n'est pas pratiqué avec le plus grand soin, devenir une cause grave d'extension du mal. L'auteur croit également (25) que les mauvaises herbes qui ont poussé pendant que le champ contaminé ne portait pas

de tabac peuvent aussi être atteintes et contaminer plus tard les tabacs.

La maladie, une fois déclarée, est incurable.

Comme traitement, HUNGER conseille particulièrement (25) d'éviter les blessures des racines, autant qu'on le pourra; de supprimer et d'arracher tous les débris de culture, les résidus d'écimage; de les éloigner du champ et de les brûler.

HUNGER explique avec détails l'opinion qu'il s'est faite sur la cause de la maladie (25) et il l'a précisée tout récemment (31). A son avis, les influences parasitaires n'entrent aucunement en jeu dans la mosaïque; la maladie, purement physiologique, a son origine dans la faible résistance de la plante à des influences extérieures évidemment nuisibles, et elle résulte d'un trouble dans les échanges nutritifs dont la cellule est le siège. Le résultat de cette modification dans la nutrition est la production d'un virus, une toxine sécrétée dans la cellule, qui ne prend naissance que lorsque les échanges sont très marqués. Cette toxine serait susceptible de passer de cellule en cellule par diffusion au travers de la membrane. Par suite de cette propriété de la toxine, la maladie qui apparaît spontanément peut être aussi transmise artificiellement. HUNGER attribue encore à la toxine une singulière propriété qui, déclare-t-il, n'a pas d'analogie connue en biologie, mais que l'évolution de la maladie rend vraisemblable. Cette « phytotoxine » de la maladie de la mosaïque, produite primitivement par un phénomène d'excitation, peut, en pénétrant dans une cellule normale, engendrer une toxine semblable à elle-même.

HUNGER ne donne pas de détails plus étendus, mais il annonce un mémoire détaillé où les faits seront précisés. Il est douteux que les arguments et les expériences qu'il pourra fournir soient suffisamment démonstratifs pour faire accepter cette théorie qui, par certains côtés, se rapproche assez de celle de BEIJERINCK (*).

(*) Pendant que mon mémoire était à la typographie, j'ai reçu le cahier 5

Mme F. Pirazzoli (36) a fourni une revue critique des travaux des auteurs qui l'ont précédée. Elle explique, d'une façon concise et nette, les symptômes de la mosaïque vraie ou nielle, qu'à l'exemple de son maître, le professeur O. Comes, elle appelle « bolla », la bulle ou la maladie de la bulle, insistant ainsi sur un symptôme de la maladie qui, certainement, n'est pas prépondérant partout. Elle différencie la « bolla » d'une maladie également très répandue sur le tabac, et qu'elle qualifie précisément « mosaico ». Le « mosaico », dont le professeur Comes a eu l'obligeance de m'envoyer récemment un échantillon, répond d'une façon parfaite à ce que j'avais primitivement appelé la « rouille blanche » (37); pour des raisons que j'expliquerai plus loin, j'ai cru devoir changer le nom et qualifier cette affection « maladie des taches blanches » du tabac. Le professeur O. Comes et Mme Pirazzoli ont ainsi appliqué ce terme de « mosaico » à une maladie qui n'est pas celle que la très

du tome XV du *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, où est inséré, pages 257-311, ce mémoire du Dr F.-W.-T. Hunger, intitulé *Untersuchungen und Betrachtungen über Mosaikkrankheit der Tabakspflanze*. L'auteur fait dans ce mémoire une revue complète et très documentée de tous les travaux ayant paru sur la mosaïque. Au point de vue de ses opinions personnelles sur la question, il déclare que, malgré la ressemblance, il n'y a aucune identité entre la mosaïque et la panachure vraie, celle observée en particulier par Hugo de Vries sur *Nicotiana macrophylla*, et que la mosaïque est également différente de ces cas qualifiés par Baur « albinisme infectieux » sur *Abutibon Thompsoni* (Voir : Erwin Baur, *Zur Ætiologie des infectiœsen Panachierung*, in Berichte der deutschen botanischen Gesellschafft, t. XXII, 1904, p. 453). La faculté de pouvoir présenter à un moment donné les caractères de la mosaïque préexiste dans le tabac, selon Hunger; elle est intimement liée avec la susceptibilité vis-à-vis de la maladie particulière à chaque variété de tabac et est aussi en relations étroites avec les conditions de la culture. Le fait que la mosaïque peut se développer d'une façon autonome et qu'elle peut en même temps être transmise artificiellement à une plante saine, amène l'auteur à se faire une idée spéciale de cette maladie. Il y voit une sorte de panachure, différant à la fois de la panachure vraie et de l' « albinisme infectieux », comme il vient d'être dit. L'auteur parle à nouveau de la « phytotoxine », à laquelle il attribue spécialement la mosaïque, du mode de production de cette substance, de ses propriétés. En somme, quant à sa nature intime, la mosaïque ou nielle serait assez comparable aux auto-intoxications observées chez les hommes ou les animaux et qui résultent d'un trouble dans l'élaboration des aliments ingérés.

Je considère que cette théorie, toute séduisante qu'elle puisse être, doit rester une hypothèse, tant que l'auteur n'aura pu isoler chimiquement cette toxine et réaliser la maladie en l'inoculant aux tissus vivants du tabac.

grande majorité des auteurs ont appelée la « mosaïque » et, dans quelques cas même, ce « mosaico » a pu, comme nous avons vu, être confondu avec la mosaïque vraie ou nielle. Ce changement de mots n'avait pas, à mon avis, sa raison d'être, et, en voulant simplifier cette question de la mosaïque, peut-être les auteurs n'ont-ils réussi qu'à l'embrouiller un peu plus.

La « bolla », mosaïque vraie ou nielle, n'est point, d'après le professeur Comes et Mme Pirazzoli, une maladie parasitaire, ni contagieuse. Les auteurs ont tendance à la rapporter exclusivement à une pourriture des racines due aux blessures dont ces organes sont le siège, par le fait de la transplantation. L'emploi d'une gadoue caustique comme fumure, la présence de parasites animaux attaquant les parties souterraines peuvent avoir également, d'après eux, une influence marquée sur l'apparition de la maladie. L'absorption irrégulière par les racines serait l'origine de l'irrégularité dans la nutrition qui amène le faciès bien connu de la maladie sur les feuilles. La maladie est incurable.

Le « mosaico », la « maladie des taches blanches du tabac », est de cause parasitaire, mais la nature de l'agent n'est pas spécifiée par l'auteur. Mme Pirazzoli déclare, de plus, qu'aucune recherche expérimentale n'a été faite pour corroborer l'opinion émise par elle et le professeur O. Comes, sur la « bolla » et le « mosaico ».

La partie la plus importante du mémoire de Mme Pirazzoli est l'examen critique qu'elle donne sur les travaux de divers auteurs ayant écrit sur la mosaïque. Cependant, l'auteur interprète les différents travaux qu'elle analyse d'une façon trop souvent tendancieuse. De la lecture de son mémoire, il se dégage cette conclusion que tous les auteurs à peu près sans exception ont confondu plus ou moins la « bolla » (mosaïque vraie) et le mosaico (maladie des taches blanches); qu'en second lieu, pour ce qui est des infections obtenues par eux, ou bien ce sont des infections de « mosaico », et non de mosaïque vraie ou « bolla », ou bien, quand la

mosaïque vraie ne peut être niée, il y a toujours une faute d'expérimentation qui permet de rattacher l'origine de la maladie à une blessure de racine ou quelque cause analogue. Cette tendance est regrettable, et sans insister sur le fait, il m'a paru nécessaire de donner mon opinion à ce sujet. Je considère que la faute vénielle commise par certains auteurs comme Beijerinck, en introduisant une apparence de rouille parmi les symptômes tardifs de la nielle ou mosaïque vraie, n'était pas de nature à influencer les résultats obtenus par l'expérimentation. D'un autre côté, dans bien des cas, la lecture des textes originaux ne permet pas l'identification du symptôme décrit avec le « mosaico » de Mme Pirazzoli.

Hjalmar Jensen (38) s'occupe spécialement des indications du traitement de la maladie ; mais, de la manière dont il parle de celle-ci, il ne semble pas qu'il s'occupe de la mosaïque vraie, car, dit-il, la maladie disparaît peu à peu à mesure que de jeunes feuilles se montrent. Il se range à l'opinion de Bouygues et Perreau (34) et accorde sa confiance à la sélection des porte-graines. Il critique les expériences faites avant lui, mais sans apporter aucune contribution nouvelle.

Maintenant que j'ai relaté le résultat des expériences faites par les différents auteurs et rapporté leurs opinions, j'exposerai celles que j'ai pu effectuer pendant les années 1903, 1904, 1905, dans le jardin de la Station de pathologie végétale, à Paris, qui est le seul endroit où je sois régulièrement autorisé à cultiver le tabac.

J'ai tenté l'ensemencement d'un certain nombre de feuilles de tabac atteintes de nielle, dont les unes me sont parvenues à la Station d'envois divers, alors que les autres que j'ai récoltées dans mes voyages de mission, étaient ensemencées peu de temps après leur récolte. Les feuilles ensemencées venaient de régions diverses, de la Haute-Savoie, de l'Isère, du Lot, du Lot-et-Garonne, de la Dordogne, du Pas-de-Calais, du Nord.

Le nombre des cultures ainsi tentées en trois ans a été

exactement de 41. Dans quatre cas seulement, les résultats de l'ensemencement ont été positifs et deux fois j'ai obtenu la même bactérie. Les ensemencements ont été faits : sur bouillon de veau peptonisé à 1 %, bouillon de veau sucré, très légèrement alcalinisés ; décoction de feuilles de tabac peptonisée à 1 %, faiblement alcalinisée ; bouillon de navets peptonisé à 1 %, légèrement alcalinisé. J'ai fait cette année une série de dix ensemencements sur un jus obtenu par contusion dans un mortier de feuilles fraîches de tabac additionnées d'un peu d'eau, stérilisé par passage sous pression à travers d'un filtre en porcelaine. Je dois dire de suite qu'aucun de ces tubes n'a cultivé avant ensemencement, quoiqu'ils fussent restés une semaine à l'étuve à 30° ; le suc obtenu avait une très légère réaction acide. La matière à ensemencer a toujours été prélevée comme il suit : avec un scalpel flambé, une portion de cuticule et d'épiderme était soulevée sur la face supérieure d'une feuille de tabac niellée ; puis, arrachant lentement et doucement la cuticule avec une pince flambée, on arrivait à mettre ainsi à nu, aseptiquement, une certaine portion du parenchyme en palissade. Je me suis toujours arrangé de manière que la surface dénudée intéressât à la fois une partie vert sombre et sa voisine à teinte vert pâle. Avec une aiguille à cataracte en platine iridié, stérilisée, on râclait doucement la partie dénudée de manière à obtenir de la pulpe malade, avec laquelle les tubes étaient ensemencés.

J'ai à peine besoin d'ajouter que je considère les trois bactéries qui se sont développées dans mes cultures comme étant certainement des impuretés. En effet, malgré toutes les précautions employées, ombrage des pieds, emploi d'une cloche pour maintenir l'humidité à l'état de saturation, les infections tentées avec les cultures premières de chacune des trois bactéries n'ont été suivies d'aucun résultat.

Diverses infections ont été essayées aussi avec de la pulpe de feuille malade récoltée comme il vient d'être dit. L'infection fut faite par piqûre dans le bourgeon terminal, en em-

ployant toutes les précautions qui viennent d'être énumérées; un nombre moindre d'infections ont été tentées en plaçant la pulpe malade sur la cuticule intacte. J'en ai fait un nombre assez considérable qui, d'ailleurs, n'a pas été relevé pendant trois ans, exclusivement sur les variétés Paraguay et Maryland. *Aucune* n'a eu de résultat.

J'ai pensé que ces échecs successifs étaient dus peut-être aux conditions de végétation, mais je n'ai aucune certitude à ce point de vue, car je n'ai pas eu la possibilité de faire d'autres infections sur un sol différent. La nature du terrain, dans le jardin de la Station de pathologie végétale, est, en tous cas, peu propice à la production de la nielle, car, par suite du peu de profondeur qu'il possède, 0,40 centimètres au plus, il reste assez sec l'été, malgré des arrosages fréquents; cependant, comme on vient de le voir, j'avais pris toutes les précautions voulues pour parer à cet inconvénient. Mon insuccès, en tout cas, démontre à nouveau ce fait d'observation courante, que le manque d'humidité dans le sol et dans l'air, qui amène la production de plantes croissant lentement, mais trapues, est encore la meilleure sauvegarde contre la nielle.

Bien que le résultat de mes expériences ait été négatif au point de vue de l'infection — et elles concordent à ce point de vue avec celles de Sturgis (18), — je n'ai pas la prétention de trancher la question de la possibilité de production de la maladie par une infection artificielle directe, en la niant. Beaucoup d'auteurs ont, en effet, comme on a pu le voir, réussi à l'obtenir. Mais ne peut-on penser également que s'étant placés dans les meilleures conditions pour que la maladie prenne naissance, cette maladie est apparue spontanément; qu'en un mot, elle se serait produite sans leur intervention, sans l'apport d'un matériel infectieux sur la plante paraissant encore saine. On conçoit que cette idée vienne à l'esprit quand on n'a pu obtenir, comme moi, aucun résultat positif.

Cependant, depuis trois ans, j'ai vu la nielle apparaître spontanément dans le jardin de la Station, à la suite de

périodes très humides. Elle s'y est montrée sur quatre pieds en tout, trois pieds de Paraguay et un de Kentucky; une première fois, en 1903, sur deux pieds, une seconde fois sur deux pieds également, en 1905, vers le milieu de septembre, dans une expérience que j'ai tentée et que je vais rapporter.

A la suite de la relation d'un essai fait à Pont-de-Beauvoisin (Isère), par M. Ogier, inspecteur des tabacs, au sujet du traitement de la nielle, j'ai voulu répéter cet essai. M. Ogier croyait avoir reconnu les bons effets d'un arrosage du sol avec une solution de sulfate de fer.

Je possédais à ce moment environ une centaine de pieds de tabac, parmi lesquels quinze pieds de Paraguay disposés en trois rangées de cinq. Deux de ces rangées se suivaient à un bout de la plantation, la troisième était à l'autre extrémité, à une dizaine de mètres des deux premières. Les dix pieds des deux premières rangées contiguës furent arrosés avec une solution de sulfate de fer à 2 pour 100, les cinq pieds de la première de ces deux rangées furent infectés avec de la pulpe malade par le procédé indiqué plus haut. La troisième rangée isolée fut laissée telle, sans infection. Six jours plus tard, sur cette rangée témoin, apparurent les deux derniers cas de nielle spontanée que j'ai relatés plus haut. Je ne puis évidemment tirer aucune conclusion de cette expérience, d'autant que la terre du jardin est assez fortement calcaire et que le sulfate de fer a dû être décomposé dès qu'il est arrivé à son contact.

Depuis trois ans, les tabacs, dans le jardin de la Station, ont été cultivés sur le même sol, et la terre reste nue dans l'intervalle de deux cultures successives. Les plantes arrachées après végétation, les débris de culture sont brûlés sitôt secs pour éviter l'encombrement. De plus, le sol, assez peu fertile, est additionné dans cette partie destinée au tabac d'une forte dose d'engrais organiques (crottin de cheval décomposé) additionnée d'engrais potassique et de superphosphate de chaux ; mais le terreau des couches à semis est changé chaque année, et dans la région où nous sommes, il

est certain que ce terreau n'a pu porter de tabac. En somme, malgré quelques conditions favorables à la maladie, absence d'assolement, addition considérable d'engrais organiques, la nielle ne se montre pour ainsi dire pas, et toutes les infections tentées sont restées sans effet. Je dirai enfin que l'excision des extrémités de racines, l'oblitération du pivot, qui ont été à deux reprises pratiquées en vue d'autres recherches, pendant une période humide et sur plusieurs pieds, n'ont, dans aucun cas, déterminé l'apparition de la nielle.

Toutes ces expériences, en résumé, n'ont donné que des résultats négatifs, et il est impossible d'en rien conclure de précis; peut-être devrais-je ajouter que quelques-uns de ces résultats négatifs obtenus par moi sont, jusqu'à un certain point, en opposition avec quelques expériences relatées par les auteurs. Mais, dans la question de la nielle, les auteurs se trouvent trop souvent en désaccord sur un point donné pour que le cas actuel constitue une exception.

Que doit-on conclure de cette longue revue?

Si nous tentons de résumer en quelques lignes ce qui vient d'être l'objet d'un si long chapitre, nous pouvons voir qu'au sujet de la cause originelle de la mosaïque, les opinions des auteurs sont fort différentes. Les uns, MAYER, MARCHAL, KONING, VAN BREDA DE HAAN et surtout IWANOWSKI dirigent leurs préférences vers l'hypothèse d'une bactérie qu'on n'a pu, jusqu'ici, ni cultiver, n'y mettre en évidence. D'autres admettent l'influence d'un produit endocellulaire : BEIJERINCK croit à l'existence d'un contage vivant, mais non organisé, dont il n'a pu définir la nature et dont il ignore l'origine; WOODS, HEINTZEL admettent l'action néfaste des diastases oxydantes, mais il n'est pas démontré qu'elles possèdent les propriétés biologiques spéciales qu'ils leur attribuent, et cette opinion a été battue en brèche de tous côtés. D'autres, enfin, admettent purement et simplement l'hypothèse de conditions météoriques défavorables et aussi d'autres influences du même ordre, c'est-à-dire de nature non parasitaire : STURGIS qui, sans être tout à fait

affirmatif, est amené à cette conclusion par ses expériences négatives d'infection ; le professeur O. COMES et Mme PIRAZZOLI, qui n'ont d'ailleurs fait aucune expérience pour vérifier le bien-fondé de leur opinion; enfin, c'est aussi à peu près l'opinion d'HUNGER, qui explique l'effet des conditions défavorables de végétation qui créent la nielle par l'action d'une toxine, prenant naissance dans les cellules sous cette influence. L'existence de la toxine sera-t-elle mieux démontrée que celle du contage de BEIJERINCK? Je me permets d'en douter jusqu'à preuve du contraire.

On doit encore objecter que sur bien des points les expériences des auteurs les ont amenés à des conclusions diamétralement opposées; qu'en somme, ils ne se trouvent d'accord que sur un nombre assez minime de faits; que, dans beaucoup de circonstances, l'apparition de la mosaïque est spontanée, sans qu'il soit possible de définir le facteur essentiel de cet accident; que, par suite, beaucoup de cas relatés comme résultats d'infection ont dû trouver leur origine dans l'apparition spontanée de la maladie, déterminée peut-être uniquement par les conditions défavorables où s'était placé l'expérimentateur.

En tenant compte de toutes ces considérations, on se trouve nécessairement amené à cette conclusion définitive :

A l'époque actuelle, la cause réelle de la maladie de la nielle ou mosaïque est encore inconnue, et, parmi les hypothèses proposées pour en expliquer la nature, aucune d'elles ne présente un faisceau de preuves suffisant pour qu'on puisse l'accepter, même de façon provisoire.

Traitement de la Nielle. — Le traitement rationnel ne peut reposer que sur des données reconnues indiscutables. Pour ce qui est de la mosaïque, on ne peut guère insister que sur les quelques recommandations suivantes, dont l'expérience semble avoir démontré l'utilité :

1° Etablir les couches de semis sur un terreau neuf,

n'ayant jamais porté de tabac, dépourvu de tous débris de cette plante.

2° Pratiquer un assolement régulier.

3° Eviter de fournir au sol des engrais organiques trop récents ou incomplètement élaborés; ajouter aussi la quantité d'engrais potassiques et phosphatés proportionnelle à la richesse du sol.

4° Eviter la plantation en sol naturellement humide ou s'égouttant mal.

La « Maladie des Taches blanches »

Cette maladie du tabac n'est guère moins commune en France que la nielle ou mosaïque. J'ai déjà dit qu'elle coïncide parfois avec elle sur un même pied de tabac, et que plusieurs auteurs ont attribué à la mosaïque les caractères qu'elle montre; ces caractères, étant donné l'époque souvent tardive où la maladie apparaît, ont pu être considérés comme des symptômes de la dernière période de la nielle. En réalité, il y a deux maladies différentes.

J'ai pu me persuader que c'est exactement cette même maladie que M. Prillieux et moi-même avions en vue dans une courte communication que nous avons donnée à l'Académie des Sciences en 1894 (12); à l'exemple de notre correspondant. nous l'avions qualifiée du nom de nielle, et cette confusion a été reproduite par d'autres auteurs qui nous ont suivis. J'ai repris, depuis 1904, l'étude de cette maladie que j'identifiais à la « rouille blanche », et j'ai publié à ce sujet une note à l'Académie des Sciences (37). J'ai dit plus haut que cette maladie est sûrement le « mosaico » du pro-

fesseur O. COMES et de Mme PIRAZZOLI (36). Le professeur O. COMES, que j'ai consulté à ce sujet, m'a fait aimablement parvenir un échantillon qui ne permet pas le moindre doute au sujet de l'identité des deux maladies. Mais le professeur COMES ne croit pas à l'idendité de la « rouille blanche » et du « mosaico » ou « maladie des taches blanches ». Dans la « rouille blanche », les taches sont peu nombreuses, de forme arrondie et régulière avec une marge brune; dans la « maladie des taches blanches », les taches très nombreuses, parfois confluentes, sont assez souvent polygonales, de forme et de taille un peu variables. Comme c'est sur cette seconde forme exclusivement qu'a porté mon étude, je me suis rangé à l'opinion du professeur COMES; je l'ai séparée de la « rouille blanche », malgré des analogies d'apparence, et j'ai cru devoir la qualifier d'un nom différent.

Mme PIRAZZOLI (36) a identifié cette maladie avec le « Pockenkrankheit » d'IWANOWSKI et POLOWTZOW (4, 8) et avec le « Spotting » de STURGIS (18). Je ne suis pas si affirmatif, ces auteurs déclarant ces deux maladies non parasitaires.

Le mode de développement de la maladie des taches blanches est nettement différent de celui de la nielle. Nous savons que la nielle débute toujours dans le bourgeon, que les organes jeunes y sont seuls exposés. La maladie des taches blanches débute *toujours* sur des organes adultes, je ne l'ai jamais trouvée sur des feuilles très jeunes. On la voit souvent envahir les feuilles basses de la tige et elle peut atteindre ensuite des feuilles plus élevées. Il n'est pas rare de la rencontrer sur des feuilles atteintes de la nielle, mais déjà depuis longtemps envahies par cette maladie : ce qui explique l'erreur d'un certain nombre d'auteurs qui l'ont considérée comme un symptôme tardif de la nielle, *erreur que j'ai moi-même professée* pendant longtemps.

Le début de la maladie ressemble assez vaguement à celui de la nielle mais s'en différencie facilement, si l'on considère surtout que la maladie ne se voit pas sur les feuilles jeunes. On rencontre de petites taches décolorées, d'abord vert pâle

puis bientôt presque blanches, qui apparaissent sur la feuille, au milieu du parenchyme vert du limbe. Ces taches se multiplient, mais s'étendent peu en surface. Leur dimension dépasse rarement trois ou quatre millimètres de diamètre, si ce n'est quand plusieurs deviennent confluentes. Les parties vertes environnantes présentent la teinte normale de la feuille saine du tabac; elles ne sont jamais d'un vert sombre et ne montrent jamais aucun gaufrage comme dans la nielle. Le bord des taches blanches qui, à cette période, sont souvent presque rondes, est assez imprécis. Ces taches décolorées qui, pendant un certain temps, restent succulentes, deviennent d'un blanc mat, en même temps qu'elles se dessèchent progressivement et s'entourent d'une marge brune, assez généralement plus étroite que le rayon de la tache, et plus ou moins nettement proéminente. A ce moment, le contour de la tache est bien arrêté; il est arrondi ou ovalaire, souvent aussi polygonal ou irrégulier. Lorsque les macules sont âgées, si la sécheresse se montre et qu'elle demeure persistante, il n'est pas rare de voir le tissu blanc central s'éliminer en partie, laissant à sa place un trou irrégulier.

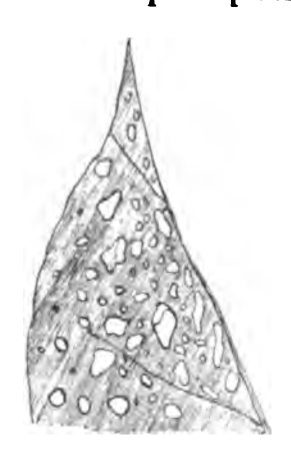


Fig. VI. — Fragment de feuille de tabac montrant les macules de la « maladie des taches blanches ».

Examinées au microscope dès leur formation, les cellules des taches pâles présentent un contenu chlorophyllien en partie décoloré, un noyau peu apparent, dont l'aptitude à la coloration est peu marquée. En même temps, on voit dans la cellule de nombreuses bactéries mobiles. Peu à peu, les leucites chlorophylliens du contenu cellulaire deviennent moins nets, plus transparents, et au moment où la tache est desséchée, les cellules sont vides de tout contenu, à peu près dépourvues de bactéries mobiles; bientôt, ces cellules se

montrent remplies d'air. La marge brune est constituée par un tissu de formation nouvelle qui résulte d'un cloisonnement tangentiel des cellules du mésophylle, amenant la production d'une très légère hypertrophie. Dans la région de la marge, la subérification des parois et la coloration en brun des cellules, membrane et contenu, ne tardent pas à amener la différenciation définitive du tissu qui est évidemment un indice de la réaction de la plante, destiné à limiter l'extension du parasite.

J'ai lieu de croire que la sécrétion bactérienne qui amène la disparition progressive de la chlorophylle renferme une diastase oxydante. Si, en effet, on filtre une culture bactérienne sur bouillon, à plusieurs reprises jusqu'à clarification complète, et qu'on traite le liquide filtré par son volume d'alcool fort, un précipité prend naissance. La solution hydro-alcoolique, filtrée jusqu'à clarification, abandonne le précipité. Celui-ci, séché et repris par l'eau, décolore en partie la chlorophylle de tabac récemment préparée et privée d'alcool par évaporation. Le même liquide donnant une coloration bleue en présence de la teinture de gaïac, on doit penser qu'il renferme une oxydase. J'ai observé ces réactions sur une culture de première génération. Je n'ai pu les reproduire quelque temps après sur la culture de troisième génération.

Les conditions météoriques qui favorisent l'apparition et l'extension de la nielle, c'est-à-dire les temps humides, brumeux et tièdes de l'été, ne sont pas moins avantageux pour la maladie des taches blanches.

La bactérie parasite se cultive sans difficulté sur différents milieux. Elle a été prélevée sur des taches encore fraîches par le procédé qui m'a servi pour mes tentatives d'ensemencement de la bactérie supposée de la nielle.

Sur bouillon de veau, un voile léger, fugace, peu apparent, adhérent aux parois du vase, se montre à la surface du liquide; celui-ci se trouble, devient un peu visqueux avec le temps et prend une teinte ambrée. Les bactéries ayant cessé leur végétation tombent au fond du tube en un dépôt blanc

peu abondant, Sur gélatine, les colonies sont arrondies, un peu déprimées, à bord entier, régulier; à partir du troisième jour, la liquéfaction s'établit en larges cupules et bientôt le liquide prend une couleur jaune ambrée. Sur gélose, les colonies sont d'abord isolées, discoïdes, légèrement proéminentes, opaques et brillantes, d'un blanc d'abord un peu crémeux, puis un peu bleuâtres; elles deviennent souvent confluentes. Avec le temps, la gélose prend une coloration légèrement rose sale, en même temps qu'elle devient plus opaque. Le jus de feuilles de tabac écrasées dans un peu d'eau, puis passé au filtre en porcelaine, ne permet la culture de la bactérie que s'il est complètement neutralisé.



Fig. VII. — *Bacillus maculicola* causant la « maladie des taches blanches » du tabac.

Les bactéries sont cylindriques, sans inclusions, isolées, quelquefois en diplobacilles, plus rarement en chaîne de trois. Leur dimension varie de 1,5 à 2,5 $\mu \times 0,7$ à 1 μ. Elles n'ont montré ni cils ni spores; elles se colorent facilement par les procédés ordinaires et se décolorent par le Gram.

Un caractère spécial à la bactérie, c'est l'odeur présentée par les cultures vieilles, surtout celles sur gélatine, odeur se rapprochant un peu de celle de la nitrobenzine, quoique plus faible, qui vire ensuite vers celle du tabac incomplètement brûlé dans une pipe; l'odeur se rapproche un peu de celle du *Bacillus æruginosus* du chancre bactérien, mais elle n'est pas tout à fait identique et plus persistante.

Cette bactérie est bien celle dont il a été question dans la communication faite en 1894 (12). Je la crois non décrite et l'appellerai *Bacillus maculicola*, nov. sp. G. Del.

L'infection a été tentée sur quelques feuilles de deux pieds de tabac seulement, les seuls qui restaient en bon état à l'époque assez tardive où la bactérie fut obtenue en culture. Sur quatre infections tentées après blessure de l'épiderme, l'infection s'est produite deux fois. Autour de la piqûre, le tissu a présenté la lésion décrite; une fois, la

maladie s'est répandue sur le tissu de la feuille. Sur quatre infections tentées en aspergeant des feuilles saines, sans blessure, une seule infection s'est montrée, présentant plusieurs macules. Je n'ai employé que des cultures de première génération.

L'indication la plus importante du traitement consiste dans l'alternance suffisamment prolongée de la culture. On devra aussi éviter de porter au fumier les pieds atteints qui, ramenés sur le tabac, seraient sans poute capables d'y reproduire la maladie.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Adolf Mayer, *Ueber die Mosaikkranhheit des Tabaks* (Die landwirthschaftliche Versuchsstationen, t. xiii, 1886, p. 451).

(2) Du même, *Heilung der Mosaikkrankheit* (même publication, 1888, p. 339).

(3) W. Polowtzow, *Untersuchungen der Tabakskrankheit, welche in Kachetien unter dem Namen « Schurgal » bekannt ist.* Cité par Iwanowski (9).

(4) D. Iwanowski und W. Polowtzow, *Die Pockenkrankheit der Tabakspflanze* (Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, 1890).

(5) D. Iwanowski, mémoire en russe paru dans *Agriculture et Sylviculture, organe du ministère des Domaines* (février 1892, p. 108-121; résumé fait par M. J. Vilbouchevitch).

(6) Du même, *Ueber die Mosaikkrankheil der Tabakspflanze* (Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Acad. imp. des Sc. de Saint-Pétersbourg, t. xiii, 1893, p. 237).

(7) Du même, *Ueber die Mosaikkrankheit der Tabakspflanze* (Centralblatt für Bakteriologie, Zweite Abteilung, t. v., 1899, p. 250).

(8) Du même, *Die Mosaik-und die Pockenkrankheit der Tabakspflanze* (Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, t. xii, 1902, p. 202).

(9) Du même, *Ueber die Mosaikkrankheit der Tabakspflanze* (Même publication, t. XIII, 1903, p. 1-41).

(10) LINHART, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, t. IV, 1894. p. 157.

(11) PRILLIEUX et DELACROIX, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. CXVIII, II, 1894, p. 668.

(12) PRILLIEUX, *Maladies des plantes agricoles*, I, p. 17.

(13) Emile MARCHAL, *La Mosaïque du tabac* (Revue mycologique, 1897, p. 13).

(14) Du même, *Mosaïque du tabac* (Rapport sur les maladies cryptogamiques étudiées en 1895, dans Bulletin de l'Agriculture, Bruxelles, 1895).

(15) W. BEIJERINCK, *Ueber ein Contagium vivum fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabaksblætter* (Verhandelingen der koninklijke Akademie van Vetenschappen te Amsterdam, 1898).

(16) Du même, *Même titre* (Centralblatt für Bakteriologie, II, 1899, t. v, p. 27).

(17) Du même, *Bemerkung zu dem Aufsatz von Herrn Iwanowski über die Mosaikkrankheit des Tabakspflanze* (Centralbl. f. Bakt. II, 1899, t. v, p. 310).

(18) Wm.-C. STURGIS, *Preliminary notes on two diseases of tobacco* (Report of the Connecticut Agricultural experiment Station, n° 22, 1898, p. 242).

(19) C.-J. KONING, *Die Flecken-oder Mosaikkrankheit des hollændischen Tabaks* (Zeitschrift f. Pflanzenkr., t. IX, 1899, p. 65).

(19 bis) Du même, *Der Tabak. Studien über seine Kultur und Biologie* (Amsterdam et Leipzig, 1900).

(19 ter) Du même, *Wood's destruction of chlorophyll......* (De Indische Mercuur, 19 décembre 1899).

(20) VAN BREDA DE HAAN, *Voorloopige Mededeeling over het Peh-Sem of de Mosaiekziekte bij de Deli-Tabak* (Teysmannia, 1899).

(21) A.-F. WOODS, *The destruction of chlorophyll by oxidizing enzymes* (Centralbl. f. Bakt. II, t. v, 1899, p. 745).

(21 bis) Du même, *Observations on the Mosaic disease of Tobacco* (U.-S. Dep. Agric., bureau of plant-industry, Bull. 18, 1902).

(22) HEINTZEL, *Contagiœse Pflanzenkrankheiten ohne Microben mit besonderer Berücksichtigung der Mosaikkrankheit des Tabacksblætter* (Thèse de l'Université d'Erlangen, 1900).

(23) F. GOUTIÈRE, *Sur quelques maladies du tabac* (Journal d'Agriculture pratique, 1900, t. I, p. 570).

(24) Dr F.-W.-T. HUNGER, *Overzicht der Ziekten en Beschadigingen van het blad bij Deli-tabak* (Batavia, 1901).

(25) Du même, *De mosaiek-ziekte bij Deli-Tabak* (Mededeelingen uit 's Lands Plantentuin, Batavia, 1903).

(26) Du même, *On the spreading of the Mosaic-disease (Calico) on a tobacco-field* (Bulletin de l'Institut de Buitenzorg, XVII, 1903).

(27) Du même, *Bemerkung zur Wood'schen Theorie über die Mosaikkrankheit des Tabaks* (Bull. de l'Inst. de Buitenzorg, XVII, 1903).

(28) Du même, *Een voorlopige verklaring omtrent het veelvuldig optreden der mozaiek-ziekte bij Sumatra-tabak* (Tijdschrift voor nijverheid en landboow, sept-oct. 1903).

29) Du même, *Het rupsen-zoeken bij de tabak in verband met het later optreden der mosaiek-ziekte* (Teysmannia, n° 12, 1903).

(30) Du même, *Die Verbreitung der Mosaikkrankheit infolge des Behandlung des Tabaks* (Centralbl. f. Bakt., II, t. XI, p. 405, 1904).

(31) Du même, *Neue Theorie zur Ætiologie der Mosaikkrankheit des Tabaks* (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, séance du 26 octobre 1905).

(32) Dr E. Roux, *Sur les microbes dits invisibles* (Bulletin de l'Institut Pasteur, Revues et analyses, I, 1903, n° 1).

(33) H. Bouygues, *Sur la nielle des feuilles de tabac* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 28 décembre 1903).

(34) Bouygues et Perreau, Contribution à l'étude de la nielle des feuilles de tabac (Comptes rendus de l'Acad. d. Sc., juillet 1903).

(35) G. d'Utra, *A molestia do mosaico do fumo* (Boletim de agricultura, 1904, p. 451, São Paulo).

(36) Dott. Pirazzoli Francesca, *Male della bolla e del mosaico* (Bollettino tecnico della coltivazione dei tabacchi, n° 4, juillet-août 1904, Portici).

(37) Dr Georges Delacroix, *La* rouille blanche *du tabac et la* nielle *ou maladie de la mosaïque* (Comptes rendus de l'Acad. d. Sc., 6 mars 1905).

(38) Hjalmar Jensen, *Ueber die Bekæmpfung der Mosaikkrankheit der Tabakspflanze* (Centralbl. f. Bakt. II, t. XV, 1905, p. 440).

Pourriture du pied de tabac

Cette maladie n'est pas encore décrite, elle est due au parasitisme d'un champignon et je l'ai observée en deux localités des environs de Périgueux. Elle était, en particulier, assez répandue dans une pièce de tabac à Razac. Au point de vue de son aspect, et par son examen superficiel, la maladie pourrait être considérée comme une forme de chancre bactérien localisée au collet de la plante. Mais elle a, comme on va voir, des caractères bien précis.

Dans les cas qu'il m'a été donné d'observer, la porte d'entrée du champignon est une piqûre d'insecte que j'ai toujours rencontrée bien nette.

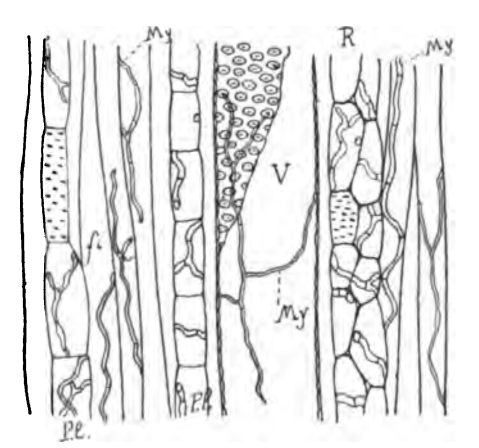


Fig. VIII. — Coupe longitudinale de la base d'un pied de tabac atteint de la pourriture du pied : *Pl*, parenchyme ligneux ; V, vaisseau ; R, rayon médullaire ; *fi*, fibre ; *My*, mycélium,

De ce point, la mortification des tissus rayonne tout autour. Dès les premières phases de l'invasion, le tissu atteint subit une certaine rétraction, qui succède à la dessiccation des tissus externes de la région du collet tués par le champignon. De cette manière, la tige, au niveau de l'endroit où débute la maladie, diminue sensiblement d'épaisseur et apparaît en creux. La partie atteinte prend une coloration d'un jaune sale. A la coupe, le tissu est sec, d'un jaune grisâtre. Cette apparence, on le voit, diffère notablement des taches d'un

brun livide du chancre bactérien. La lésion qui débute au collet ne tarde pas à gagner les racines qui deviennent molles et se putréfient.

Sous l'influence de l'humidité atmosphérique et surtout de l'humidité du sol, l'évolution est plus rapide et la coloration de la base de la tige plus intense. Quand l'invasion est assez précoce, la plante atteinte jaunit rapidement et se dessèche sur pied, par suite de l'interruption apportée dans la circulation des liquides séveux. Quand l'invasion est plus tardive, en général la maladie évolue plus lentement, mais le produit de la plante devient néanmoins à peu près nul.

Lorsque la maladie est nettement établie, on trouve dans les éléments de la tige à la base, parenchyme cortical, liber, fibres, parenchyme, vaisseaux du bois, et dans la moelle un mycélium hyalin, grêle, peu ou pas ramifié, qui perfore les membranes.

La cause de cette maladie est un Hyphomycète, forme de Champignon Ascomycète, dont l'état ascospore est encore inconnu ; espèce que je crois non encore décrite et que j'appelle *Fusarium tabacivorum*, nov. sp. G. Delacroix.

En dehors de ses conidies, dont la persistance à l'état vivant ne saurait se maintenir d'une année à l'autre, ce champignon produit des spores durables, des chlamydospores, à membrane épaisse, capables de végéter pendant une longue période à l'état de vie ralentie ; elles persistent dans le sol lorsque les parties inférieures de la plante malade y pourrissent, et sont susceptibles d'infecter à nouveau des pieds de tabac cultivés l'année suivante dans le même sol.

J'ai pu suivre le développement de ces deux sortes de spores et réaliser l'infection de pieds sains, aussi bien avec le mycélium qu'avec les conidies. Mais je dois ajouter que l'infection ne réussit qu'à la condition d'une solution de continuité préalable de l'épiderme. Nous avons vu plus haut que, dans la nature, cette irruption est réalisée par une larve. De plus, l'infection doit être faite en milieu saturé d'humidité, condition conforme à ce qui est observé dans la culture.

L'examen du pied de tabac montre dans la région atteinte un mycélium hyalin, ramifié qui pénètre dans les cellules, les perfore et chemine également dans les vaisseaux. Ce



Fig. IX. — *Fusarium tabacivorum* G. Del. : 1. Fructification conidienne *Fusarium*, poussée en chambre humide sur tabac. — 2. *a, b, c, d, e, f, g*, Différentes formes de conidies *Fusarium*. — 3. *h, j, k*, Germination de conidies *Fusarium* dans l'eau distillée après 17 heures. — 4. *l, m, n*, La même germination après 27 heures. — 5. *o, p*, Germination après 54 heures, avec des anastomoses de filaments germinatifs. — 6. id., Après 90 heures, montrant la formation de conidies secondaires *c*. — 7. *s*, Formation d'une conidie secondaire terminale, *c*; *r, r', r''*, conidies primaires non germées. — 8. Formation de conidies secondaires, *c*, un peu plus avancée sur le filament germinatif. — 9. Début d'une formation de chlamydospores, *Ch*.

mycélium, qui ne dépasse guère 3 μ de diamètre, ne montre de cloisons que dans ses filaments les plus volumineux. Si l'on place en boîte de Pétri, dans l'air saturé d'humidité, un

fragment du collet de tabac malade, on voit le mycélium se développer extérieurement et donner naissance à des filaments conidiophores dressés, hyalins, ramifiés vers la partie supérieure en une sorte d'ombelle simple, plus ou moins régulière, dont chacun des rameaux se termine par une conidie primaire. Très rarement, je rencontre un second étage de verticilles. Les conidies sont hyalines, droites ou légèrement incurvées, *arrondies-obtuses* aux deux extrémités. possédant souvent trois cloisons; leur taille varie de 25 à 35 μ sur 4, 5 à 6 μ.

A 15° environ, ces conidies germent dès la quatorzième heure, dans l'eau ou les milieux nutritifs, par un ou deux filaments, partant d'une extrémité, ou près de celle-ci, plus rarement par les deux bouts. Le filament s'allonge, se ramifie, présente des gouttelettes réfringentes, puis acquiert des cloisons. Les filaments voisins, appartenant souvent à des germinations différentes, montrent parfois des anastomoses transversales, sans aucune fusion de noyaux, destinées, sans doute, comme le pense Dangeard pour d'autres espèces, à assurer la rénovation du protoplasma. Dans l'eau, vers le troisième jour, on voit apparaître sur les filaments, même avant la production de cloisons, de petites conidies secondaires, de taille assez inégale, pouvant atteindre au maximum 14 μ sur 5,5 μ, souvent plus petites. Elles sont hyalines, ovoïdes, parfois incurvées, généralement atténuées vers la base, le plus souvent sessiles sur le filament, mais quelquefois attachées à un stérigmate court et trapu. Ces conidies secondaires germent en un mycélium identique à celui des conidies *Fusarium*, mais je ne l'ai pas vu produire de fructification. J'ajouterai que je n'ai pu obtenir d'infection du tabac avec les conidies secondaires. Après la formation des conidies secondaires, ou même simultanément, le mycélium issu du développement des conidies *Fusarium*, donne naissance à des chlamydospores.

Les chlamydospores apparaissent souvent à l'extrémité de courts filaments presque perpendiculaires sur le mycé-

lium; plus rarement, elles sont intercalaires. Les chlamydospores terminales sont isolées, ou parfois en courts chapelets

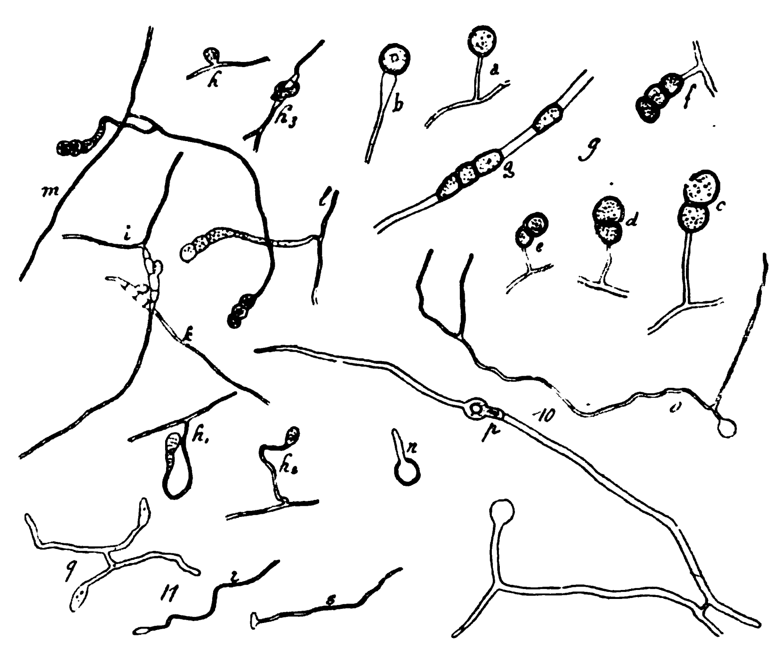


Fig. X. — 9. Production des chlamydospores : *a*, *b*, Formation de chlamydospores unicellulaires à l'extrémité de courts filaments; *c*, *d*, *e*, Chlamydospores bicellulaires; *f*, Chlamydospores tricellulaires; *g*, Chlamydospores intercalaires (les figures *a* et *c* prélevées sur fragment de tabac infecté, placé en chambre humide; les autres sur une culture sur pomme de terre); *h* 3, Chlamydospore déformée naissant directement sur une conidie primaire *Fusarium*; *h* 1, *h* 2, Chlamydospores unicellulaires non complètement développées; *i*, *k*, chlamydospores jeunes naissant directement de la conidie *Fusarium*; *l*, *m*, chlamydospores bicellulaires jeunes (les figures *h* à *m* proviennent d'une culture en cellule dans l'eau bouillie); 10. *n*, *o*, Germination de chlamydospores, après 11 heures dans l'eau; *p*, après 48 heures; 11, Germination de conidies secondaires dans l'eau distillée. (Les figures *h* à *m* de la fig. 9, *r*, *s*, de la fig. 11, sont dessinées à la ch. cl. Oberhæuser, obj. 4, microsc. non tiré; toutes les autres, même ch. cl., obj. 5, microsc. non tiré).

de deux ou trois; elles sont arrondies, hyalines, rarement jaune-pâle, à surface finement verruqueuse, d'une dimension

de 6 à 9 μ. Dans les chapelets, elles sont un peu aplaties dans le sens transversal, à la région de tangence. Un chapelet de trois chlamydospores présente environ une longueur totale de 19 μ sur 8,5 μ de largeur, de telle sorte que chaque article est sensiblement plus long que large et de taille un peu inégale. Leur largeur, lorsqu'elles sont intercalaires, quoique un peu plus grande que celle du filament qui les porte, tend à se rapprocher du calibre de celui-ci.

A l'état jeune, les chlamydospores ont une membrane unique, l'endospore, dépourvue de toute aspérité à sa surface. A mesure qu'elles mûrissent, une membrane externe se différencie, s'épaissit, montrant extérieurement de fines verrues. Le protoplasma devient granuleux et, au bout de quelque temps, la chlamydospore est apte à germer. Dans l'eau ou les liquides nutritifs, la germination s'effectue par production d'un filament qui déchire l'exospore, sort au-dehors tapissé par l'endospore, se ramifie, se cloisonne comme le filament germinatif de la conidie primaire *Fusarium*, peut présenter comme lui des anastomoses latérales avec les filaments voisins, mais ne donne, à ma connaissance, aucune conidie secondaire, ni chlamydospore secondaire. Les divers mycéliums issus de germinations de ces diverses conidies ou chlamydospores sont toujours restés indéfiniment stériles, quand on les cultive en milieu nutritifs et *ne sont plus infectants pour le tabac.*

L'infection se réalise aussi bien avec les conidies *Fusarium* qu'avec les chlamydospores, mais seulement à la faveur d'une humidité et avec des cultures de *première* génération.

Le *Fusarium tabacivorum* ressemble beaucoup à *Fusarium Dianthi* Prillieux et Delacroix, espèce parasite de l'œillet (1), que je considère maintenant comme identique à *Fusarium vasinfectum* Atkinson, qui est lui-même la forme

(1) Dr G. Delacroix, *La Maladie des œillets d'Antibes*, in Annales d l'Institut national agronomique, t. XVI, 1901.

conidienne d'un Ascomycète de la section des Hypocréacées, le *Neocosmospora vasinfecta* Erwin-F.-Smith, parasite sur le Cotonnier, le Melon d'eau, le Sésame (1). Les deux espèces ont des conidies primaires assez identiques et des conidies secondaires à peu près semblables, ainsi que les chlamydospores. Les conidies primaires du *Fusarium tabacivorum* sont mousses et un peu arrondies aux deux extrémités, celles du *Fusarium vasinfectum* sont *toujours aiguës*. Cette différence d'ordre morphologique, jointe à quelques variations dans le développement des conidies secondaires et des chlamydospores, justifie, à mon avis, la création d'une espèce distincte, jusqu'ici spéciale au tabac. J'ajouterai que je n'ai pu obtenir une forme parfaite du *Fusarium tabacivorum*. Or, un auteur américain a signalé récemment sur le tabac, en Amérique, une maladie qu'il attribue au *Neocosmopora vasinfecta* (2). Comme l'auteur ne décrit pas les caractères du parasite qu'il a observé, qu'il ne parle que très sommairement de la maladie, je ne puis dire s'il s'agit du même cas pathologique que celui que je viens de décrire. Il est possible aussi que le parasite du tabac américain n'appartienne pas à cette dernière espèce et ait été identifié à tort avec elle par l'auteur en question.

Le traitement est purement préventif. Il consiste à arracher et détruire par le feu les pieds malades, à éviter de porter au fumier les pieds atteints et à établir sur les plantations où s'est montrée la maladie un assolement triennal.

---

(1) Erwin-F.-Smith, *Wilt disease of cotton, watermelon and cow-pea* (Neocosmospora vasinfecta), Washington, 1899.

(2) R. E. B. Mac-Kenney, *The Wilt disease of tobacco and its control*, Washington, 1903.

Maladie des Sclérotes du Tabac

Cette maladie m'avait déjà été signalée en 1903 par M. Pérot, professeur spécial d'agriculture de l'arrondissement de Montreuil-sur-Mer (Pas-de-Calais).

La maladie a été constatée à Wambercourt, dans les champs de tabac à sol fort humide de la vallée de la Planquette. La maladie se développe dès le mois d'août et se manifeste par quelques petites taches brunâtres apparaissant sur la nervure principale des feuilles. Les taches s'étendent en surface, atteignent le parenchyme du limbe qui, comme la nervure, se ramollit et prend une coloration d'un jaune grisâtre pâle, avec apparence visqueuse à la surface. Au moment de la récolte des feuilles, la maladie est à ce point. Le champignon qui est la cause de la maladie se développe en une fine moisissure dans les parties atteintes ; par places, ces filaments s'agglomèrent par petites pelotes, dont la dimension atteint et souvent dépasse sensiblement la taille d'un gros grain de chènevis. Au séchoir, ces phénomènes s'accentuent encore et la plante pourrit en général complètement.

Les petites pelotes, d'abord d'un blanc pur, molles au toucher, se colorent en noir à la périphérie et s'indurent beaucoup en se desséchant. Ces masses noires, blanches à la coupe, très dures, sont les sclérotes, c'est-à-dire des organes de persistance d'un champignon pendant l'hiver. Ils tombent sur le sol lorsque les parties atteintes se désagrègent, et ces sclérotes, par leur développement, peuvent reproduire la maladie première.

En 1903, le professeur C.-A.-J.-A. Oudemans et C.-J. Koning ont décrit une maladie très analogue du tabac, qu'ils attribuent à un champignon Discomycète se développant sur des sclérotes analogues à ceux que je viens de

décrire. Ce Discomycète a été appelé par eux *Sclerotinia Nicotianæ* (1). Il semble distinct du *Sclerotinia Libertiana* Fückel.

Le mycélium blanc des feuilles de tabac transporté en milieu artificiel stérilisé s'y développe convenablement et donne des sclérotes. De même, transporté sur carottes ou topinambours vivants, il les détruit et en amène la pourriture, en même temps que les sclérotes se différencient, après foisonnement abondant du mycélium.

Il est à observer que le sclérotes qui, sur le tabac, sont de petite taille et ne dépassent guère, comme j'ai dit, le volume d'un gros grain de chènevis, prennent sur la carotte une taille égale à ceux de *Sclerotinia Libertiana* qui résultent du mycélium développé spontanément sur ce tubercule. Ce ne peut être qu'a l'influence du support, à une alimentation plus riche, qu'on doit attribuer cette modification. Il faut ajouter, qu'au point de vue anatomique, je ne trouve entre ces deux sclérotes aucune différence. J'avais toutes raisons de supposer qu'ils étaient identiques. Je viens d'obtenir le développement ascospore d'un sclérote d'un mycélium du tabac développé sur la carotte, alors que depuis trois ans, j'avais tenté, en vain, la culture des sclérotes récoltés sur le tabac. La pezize obtenue est bien le *Sclerotinia Libertiana* Fuckel, et je ne puis douter maintenant de l'identité du parasite. Cette espèce attaque aussi d'autres plantes en dehors de la carotte et du topinambour; on peut citer le haricot, la pomme de terre, le mûrier en Turquie.

En déposant sur la tige du tabac des ascospores germées de *Sclerotinia Libertiana,* provenant de sclérotes issus de la carotte, le tabac a été atteint et a donné naissance aux petits sclérotes dont j'ai parlé plus haut. Le parasitisme de cette espèce sur le tabac est donc abolument établi. Il était

(1) C.-A.-J.-A. Oudemans and C.-J. Koning. *On a Sclerotinia hitherto unknown and injurious to the cultivation of Tabacco,* Sclerotinia Nicotianæ *Oud. et Kon.* Koninkl. Akad. van Vetensch. te Amsterdam, 24 juin et 27 août 1903.

déjà signalé en Allemagne et aussi en Amérique (Sturgis), mais, semble-t-il, sans preuves bien certaines (1).

Pour s'opposer à la production de cette maladie, on doit récolter et brûler les feuilles malades avec leurs sclérotes. éviter de cultiver le tabac dans des sols très humides et ne pas négliger l'assolement.

Maladie du « Tabac blanc »

Le « tabac blanc » présente certains caractères qui permettent de reconnaître la maladie avec certitude.

Le plus saillant est fourni par l'apparence du bourgeon terminal quand la plante *n'est pas écimée.* Sur le tabac sain, les deux feuilles les plus extérieures du bourgeon sont connivventes et dressées; dans le cas de « tabac blanc » ces deux feuilles, vers la partie moyenne du limbe, divergent brusquement vers l'extérieur formant avec la partie inférieure un angle de 90°.

Les bourgeons latéraux ont une tendance moins marquée à présenter cette déformation qui frappe l'œil et indique d'une façon certaine la maladie du « tabac blanc ». Elle est peu connue, car elle apparaît un peu tardivement et est, en général, à peine visible et encore peu marquée au moment de l'écimage. Les autres caractères sont moins précis.

Des observations faites sur des pieds de tabac blanc, dont on laisse s'effectuer la floraison, il résulte que dans la grande majorité des cas, la capsule est stérile et les graines avortent. La floraison d'ailleurs s'effectue de façon irrégulière.

C'est peut-être par suite de cette infécondité que les pieds

(1) Dr J. Behrens, *Trockene und nasse Fæule des Tabaks, der Dachbrand*, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, III, 1893, p. 83.

de tabac blanc doivent d'être qualifiés dans quelques localités du nom de « pieds mâles ».

A une période avancée de l'évolution de la maladie, la feuille dans le « tabac blanc » semble plus mûre que celle des pieds sains environnants et elle a, en tous cas, les caractères extérieurs de la maturité. La pointe des feuilles jaunit légèrement, en s'abaissant un peu vers le sol, et le reste du limbe prend peu à peu une teinte analogue. Mais, cette



Fig. XI. — Bourgeon terminal d'un pied de « tabac blanc ».

maturité n'est qu'apparente, car on sait qu'à la pente le « tabac blanc » moisit toujours. Les espèces de champignons que j'ai rencontrées sur de telles feuilles, qui m'ont été transmises de Cahors, sont des plus vulgaires et leur connaissance n'a qu'un intérêt purement spéculatif au point de vue qui nous occupe. J'ai ainsi trouvé très fréquemment *Penicillium glaucum*; plus rarement j'ai vu l'*Aspergillus glaucus*, le *Sterigmatocystis nigra*, le *Botrytis cinerea*.

Il n'est pas invraisemblable que cette tendance à la moisissure tienne à une modification de composition chimique dans la feuille de « tabac blanc ». Cette étude n'a pas été faite. C'est évidemment à la même cause qu'on doit rapporter l'odeur infecte que répand le « tabac blanc » quand il pourrit, odeur beaucoup plus nauséabonde que celle du tabac sain. Et, sans doute, est-ce à cette même raison que le tabac blanc doit de n'être que beaucoup plus lentement flétri que le tabac sain lorsqu'on expose au soleil les feuilles coupées.

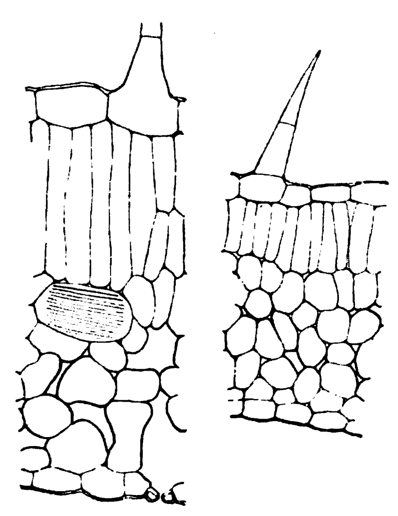


Fig. XII. — Coupes transversales : à gauche, dans une feuille de tabac sain ; à droite, dans une feuille de tabac gravement atteinte de la maladie du « tabac blanc.

On répète assez généralement, dans le Lot surtout, que le « tabac blanc » montre des feuilles plus glabres et plus minces que celles du tabac sain. Les observations nombreuses que j'ai faites au microscope et les mensurations comparées de feuilles saines et de feuilles malades ne justifient pas d'une façon absolue cette manière de voir. Ce n'est guère que dans les années sèches, où le « tabac blanc » se montre plus fréquemment et avec une nocivité plus grave, qu'on rencontre des feuilles ainsi diminuées d'épaisseur. La lésion, en un mot, ne se voit avec netteté que dans les cas graves et ayant débuté de façon précoce. La figure ci-jointe montre à la même échelle la coupe transversale d'une feuille saine et d'une feuille malade, les deux pieds étant voisins dans le champ, les deux feuilles prises à la même hauteur sur la tige et les deux coupes faites exactement dans la même région du limbe et pareillement orientées.

L'examen de ces figures prouve que la réduction d'épaisseur affecte surtout le parenchyme en palissade et les lacunes aérifères du mésophylle, qui paraît ainsi plus compact.

Dans ces cas de maladie très avancée, où le pied de tabac est très gravement atteint, on voit aussi, avec évidence, une sensible diminution en nombre et en taille des poils de la feuille, et surtout des poils sécréteurs de la matière résineuse. Ce phénomène est sans doute lié de façon intime à l'insuffisance du développement de la feuille. Dans les années humides surtout, et, en général, lorsque la maladie est peu intense, la différence de structure entre la feuille saine et la feuille malade est presque insignifiante.

La seule lésion que je crois générale dans la maladie du « tabac blanc » c'est la quantité moindre de poils radicaux qu'on rencontre sur les radicelles. Un certain nombre d'observations faites sur place même, au microscope, comparativement sur des pieds sains et malades poussant côte à côte et dans le même sol, me paraissent le démontrer.

Quoi qu'il en soit, je n'ai pu mettre en évidence aucun parasitisme dans le tabac blanc, et je me demande si cette atrophie dans les racines n'est pas l'origine de la maladie. Le fait, cependant, paraît en contradiction, du moins à première vue, avec l'observation journalière qui montre très fréquemment l'apparition du « tabac blanc » sur des pieds trapus et bien venants. Nous allons voir dans un instant que cette opposition n'est qu'apparente.

Le « tabac blanc » est plus spécialement une maladie des terres argileuses : à Aiguillon, la maladie est beaucoup plus rare dans les terres d'alluvion de la Garonne, dont l'humidité est notablement plus marquée. C'est là déjà une indication qui tend à faire supposer que la maladie ne serait pas de nature parasitaire, cas dans lequel l'humidité du sol, toutes conditions égales d'ailleurs, ne peut avoir en général d'autre résultat que d'augmenter l'intensité de la maladie.

D'après les observations de certains cultivateurs, en Lot-et-Garonne surtout, l'addition au sol de certains engrais

riches en azote, le tourteau d'arachides par exemple, qui en contient 7 à 8 pour cent, faciliterait la production de la maladie à la dose de 500 kilos à l'hectare. Le fait ne semble pas absolument démontré.

La maladie est plus fréquente dans les régions élevées et plus sèches. Mais cependant un certain degré d'humidité semble nécessaire pour que le mal apparaisse. Elle est toujours *plus commune dans les années sèches.*

La maladie, d'après les observations que j'ai pu faire, se montre avec précision surtout sur l'Auriac, qui est la variété (issue comme on sait du tabac de Virginie) cultivée partout dans le Lot et dans une partie du Lot-et-Garonne. Cependant elle n'est pas localisée à cette variété. J'ai observé en 1903, à Rumilly (Haute-Savoie) et à Beaurepaire (Isère), en particulier, un certain nombre de cas de « tabac blanc » sur le Paraguay. J'avais pensé, d'abord, qu'il s'agissait d'une maladie différente de celle de l'Auriac; mais, depuis cette époque, et à la suite de constatations analogues, sur le Paraguay également, en 1904 à Razac, et en 1905 à Escoire (Dordogne), j'ai dû modifier mon opinion première et considérer qu'il se présente dans tous ces cas des troubles de végétation identiques à ceux présentés par l'Auriac.

Un certain nombre de pieds de tabac du Kentucky, et plus particulièrement de sa variété White-Burley, ont montré spontanément, dans les cultures de la Station de pathologie végétale, des symptômes de cette maladie, aussi marqués pour le moins que ceux qu'on observe sur l'Auriac.

Je n'ai pu, je l'ai dit, mettre en évidence, dans la maladie du « tabac blanc », aucun indice de parasitisme. J'ai dû m'arrêter à cette opinion, que la maladie du « tabac blanc » *n'est pas d'origine parasitaire.* Cherchons maintenant à établir la genèse de cette affection.

Nous avons vu que la lésion qui paraît générale dans cette maladie est l'amoindrissement notable du système des poils radicaux. La cause première de cette importante modification dans la morphologie externe de la plante n'est pas

connue évidemment de façon certaine; mais il paraît probable qu'elle est en rapport avec les blessures dont le pivot est le siège au moment de la transplantation. En tous cas, la maladie se montre dans une plantation de façon très irrégulière, et elle se présente presque toujours sur des pieds isolés; de plus, on ne la voit pas sur des pieds de tabac poussés au hasard et n'ayant pas subi la transplantation. Cependant, la fracture du pivot, accident qui doit être fréquent pendant le repiquage des pieds de tabac, ne peut être une cause suffisante, sinon le « tabac blanc » serait beaucoup plus répandu. Je dois dire que dans les essais que j'ai faits pour reproduire la maladie par la simple troncature du pivot, dans le jardin de la Station de pathologie végétale, je n'ai pu réussir une seule fois. Le sol y est peut-être, il est vrai, trop meuble. D'autres facteurs interviennent donc, et plus spécialement sans doute la nature du sol, et peut-être aussi de la variété, ainsi que les conditions météorologiques. En effet, l'atrophie du pivot qui suit la blessure dont cet organe a été le siège, et, en même temps, la disposition anormale du système radicellaire ne permettent pas, pour les racines, une pénétration dans le sol aussi profonde qu'à l'état normal. Pendant la période de reprise du pied de tabac, qui se caractérise par une formation abondante de racines, surtout si le sol est suffisamment humide, la plante se développe à peu près normalement; lorsque, d'un autre côté, le sol est convenablement pourvu de matières fertilisantes, l'apparence de la plante peut être normale et même luxuriante vers le milieu de juillet. Si donc, à ce moment, se produit une période de sécheresse suffisamment prolongée, et la nature argileuse du sol aggravant le phénomène, on comprend qu'au bout d'un certain temps, le tabac mal enraciné présente des caractères de végétation anormaux, en particulier une maturité précoce et un état général de turgescence moins marqué. Ainsi donc, la nature du sol aidant, il est possible que l'origine première du mal se réduise à l'influence prédominante d'une sécheresse exagérée succédant à une

période d'humidité relative pendant le temps des premiers développements du tabac. Cette hypothèse concorde bien avec l'observation journalière qui montre que la maladie est généralement plus répandue pendant les années sèches, et qu'elle apparaît surtout sur des pieds parfaitement développés, dont la reprise à la transplantation et la croissance ultérieure ont été favorisées par un temps convenablement humide.

Je viens d'exposer tout ce que j'ai pu recueillir et tout ce que je sais au point de vue du « tabac blanc ». On voit que cette étude est loin d'être épuisée et qu'elle nécessite encore de nouvelles recherches.

Les Rouilles du Tabac

On désigne en pratique sous le nom de « rouilles » les taches de forme, de couleur, de dimension extrêmement variables, qui se rencontrent très fréquemment sur les feuilles de tabac, particulièrement lorsque la saison estivale est fort humide.

Les rouilles du tabac peuvent reconnaître des causes diverses. Très souvent, les taches sont stériles, et lorsque l'observateur les rencontre, en général, elles ne sont plus dans un état convenable pour être étudiées; aussi la connaissance que nous possédons de ces maladies est-elle nécessairement incomplète, et leur étude est une des questions les plus compliquées de la pathologie du tabac. Je rapporterai ici les observations, assez peu nombreuses d'ailleurs, que j'ai pu faire sur cette question.

Rouilles non parasitaires. — Il ne semble pas douteux que certaines taches étendues, de couleur fauve, à

bords mal délimités, de forme très variable, aient une origine indubitablement non parasitaire. J'ai pu suivre, dans le jardin de la Station de pathologie végétale, le développement et l'évolution, jour par jour, de quelques-unes de ces taches assez fréquentes sur le Maryland et le Paraguay. Averti par des observations antérieures de l'apparence précise que présente la tache lorsque commence la maladie, j'ai pu faire quelques observations sur les phénomènes de début de son développement.

Lorsque la feuille doit être envahie par cette rouille, elle pâlit légèrement d'abord, en peu d'heures, puis, du soir au matin, la teinte change brusquement et passe au fauve; dans la période correspondante, les cellules encore vivantes sont tuées brusquement.

Je n'ai vu aucun parasite dans ces cellules, ni bactérie, ni mycélium. J'ai remarqué que ces taches à évolution si rapide apparaissent généralement quand le soleil se montre vif, chaud et sans nuages, après une période humide et brumeuse de quelques jours. J'ai pu observer que si l'on prend soin d'ombrager au moment où la tache débute, il est possible parfois de l'empêcher de progresser. Quel est le mécanisme intime de la mort des cellules? On ne peut faire que des hypothèses; en tous cas, il me semble vraisemblable de considérer que la rapidité du brunissement est une conséquence directe de la mort rapide des cellules; en effet, dans de telles conditions, les diastases oxydantes, abondantes dans les feuilles de tabac, sont rapidement libérées dans la cellule, et leur action sur les contenus cellulaires doit nécessairement s'établir très vite. L'examen microscopique des parties brunes montre simplement au microscope des cellules tuées, à membrane colorée en fauve pâle, à contenu coagulé brun jaunâtre. Le contenu des cellules mortes, examiné prématurément au microscope, m'a montré nettement, en présence de la teinture de gaïac, la réaction des oxydases.

Rouilles bactériennes. — J'ai déjà décrit des rouilles d'origine bactérienne, la rouille consécutive au chancre bactérien et la « maladie des taches blanches ». J'ai différencié plus haut la « maladie des taches blanches » de la « rouille blanche du tabac » ; mais je n'ai pas eu encore le loisir de rencontrer cette dernière entité pathologique dans des conditions convenables pour en faire une étude, et sa cause ne m'est pas connue de façon précise.

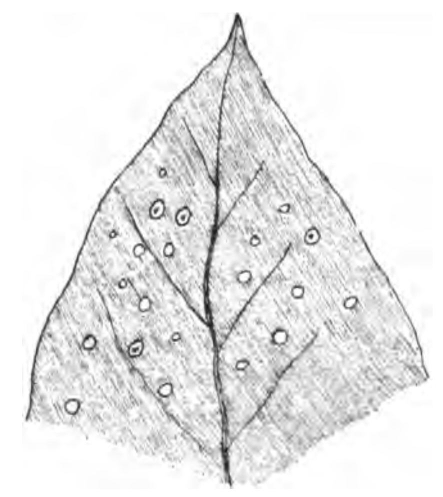


Fig. XIII. — Feuille de tabac atteinte de la « rouille blanche ».

La rouille blanche ne semble pas différer de la maladie que l'on appelle dans quelques régions des Etats-Unis « frog-eye » (œil-de-grenouille) et que quelques personnes croient de nature bactérienne. Une maladie d'apparence toute semblable, mais de cause non parasitaire, apparaît dans certaines régions chaudes sur les parties du limbe de la feuille où se trouvent des parcelles de sable. Le « frog-eye », lorsqu'il existe sur les feuilles de façon discrète, leur communique, paraît-il, en Amérique, une plus-value comme robes de cigares, et on en provoquerait, dit-on, artificiellement l'apparition.

J'ai observé à plusieurs reprises dans mes voyages et aussi dans le jardin de la Station, une rouille à petites taches brun jaune. Cette rouille commence à peu près comme la « maladie des taches blanches » avec cette différence qu'au début, avant qu'elles soient desséchées, les macules sont notablement plus jaunes ; puis en même temps qu'il se dessèche, le tissu devient brun fauve et s'entoure d'une

marge étroite d'un brun foncé, également subérisée comme celle de la « maladie des taches blanches ». Le tissu non desséché montre des bactéries dans les cellules, et avec la pulpe du tissu malade j'ai fait quelques infections, après de fines scarifications sur les feuilles saines. Deux ont réussi sur six.

J'ai tenté la culture de la bactérie, mais j'ai obtenu une culture première impure, qui cependant a infecté une feuille sur quatre. A la troisième génération les cultures bactériennes étaient pures et j'ai obtenu deux bactéries qui, malheureusement, n'ont infecté ni l'une ni l'autre. Je n'ai pu, de la sorte, connaître celle des deux qui était pathogène.

Cette rouille n'a été rencontrée que sur des feuilles déjà avancées en évolution et je n'ai pu me rendre compte si, dans les infections, la bactérie ne s'implante pas sur des feuilles encore en voie de croissance.

Il me paraît vraisemblable que des espèces bactériennes autres que celles dont j'ai parlé, espèces à demi parasites ou plutôt saprophytes, incomplètement adaptées au parasitisme soient, elles aussi, capables d'attaquer, par occasion, les feuilles du tabac et d'y produire des rouilles. Le cas de pourriture des semis que j'ai relaté plus haut en est une preuve; et les taches rouillées qu'on rencontre si fréquemment à l'arrière-saison sur les feuilles inférieures, organes âgés, dépourvus de toute résistance, exposés par suite à toutes sortes de saprophytismes, n'ont vraisemblablement pas d'autre origine. Plusieurs observations que j'ai pu faire, mais qui n'ont pu être corroborées par des cultures et des infections, donnent une grande vraisemblance à cette opinion.

A Java, VAN BREDA DE HAAN a décrit sur le tabac une rouille formant des taches d'un brun rouge clair, rouille visible sur les deux faces de la feuille, dont l'humidité favorise le développement et qui serait due aussi à des bactéries.

Rouilles dues à des champignons. — Quelques espèces de champignons sont capables d'envahir les feuilles de tabac vivantes, de tuer par les sécrétions de leur mycélium des portions plus ou moins grandes du limbe qui jaunissent ou brunissent de façon diverse. Les taches qu'ils produisent sur les feuilles du tabac sont généralement limitées par une marge sur laquelle on rencontre les fructifications du champignon parasite.

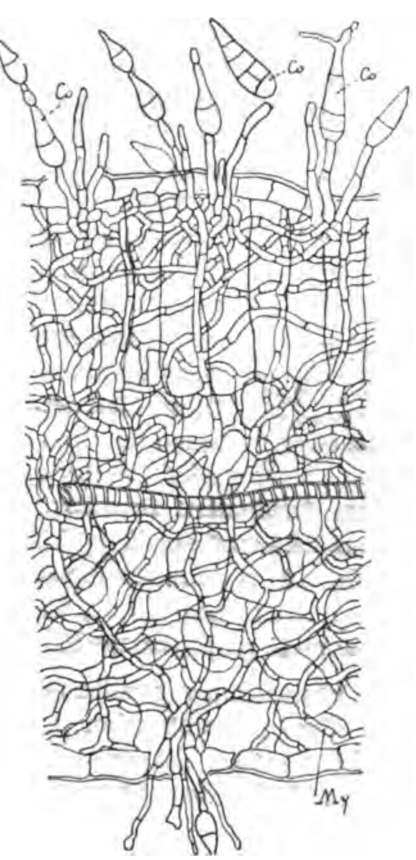


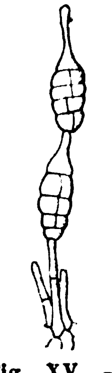
Fig. XIV. — Coupe d'une feuille de tabac atteinte par l'*Alternaria tenuis* : Co, conidie; My, mycélium.

Au sens pratique du mot, ces lésions sont également des rouilles. De même que pour les cas précédent, elles n'apparaissent que sur des feuilles arrivées au terme de leur évolution ou à peu près. Koning (1) croit que les différentes espèces qui causent ces rouilles ne sauraient pénétrer que des feuilles préalablement blessées. Les causes de ces blessures sont variables. Koning retient surtout le frottement des feuilles l'une contre l'autre par l'action du vent.

J'ai vérifié l'exactitude de ce fait pour l'*Alternaria tenuis*, qui, en France, me paraît être le champignon maculicole le plus répandu sur le tabac. J'ai déjà signalé

(1) Koning. C.-J., *Bladvlekken op tabak*, de Indische Mercuur, 1903.

plus haut cette espèce qui a été reconnue en Allemagne et en Italie, comme la cause d'une pourriture de semis.


Fig. XV. — Fructification isolée d'*Alternaria tenuis*.

J'ai trouvé l'*Alternaria tenuis* assez fréquemment fructifié sur l'Auriac, dans le Lot-et-Garonne, à Aiguillon, dans les environs de Cahors, dans le Lot; on le trouve moins fréquemment sur le Paraguay. Les feuilles de « tabac blanc » montrent assez souvent ce parasitisme de l'*Alternaria tenuis*.

Les macules fauves sont nettement limitées, mais on n'y voit pas, en général, de marge ; sur le Paraguay, quand le temps devenait un peu sec, la marge commençait à apparaître, mais ne se différenciait pas suffisamment pour empêcher la macule de s'étendre, sitôt que l'échantillon était replacé à une humidité convenable. Dans le tissu des macules, les éléments sont pénétrés du mycélium du champignon, mycélium faiblement brunâtre, ou même hyalin quand il est jeune. La surface, dès qu'elle fructifie se recouvre d'un duvet noir, dû aux conidiophores et aux conidies de ce champignon bien connu, qui, le plus généralement, se présente comme saprophyte sur les végétaux.

L'infection se réalise facilement quand on s'adresse à des feuilles âgées et qu'on prend soin de les maintenir en un milieu saturé d'humidité. Elle est beaucoup plus certaine quand la feuille est blessée.

J'ai eu une seule fois l'occasion de rencontrer l'*Ascochyta Nicotianæ* Passerini fructifié à Beaurepaire (Isère), en 1903.

Cette espèce n'est peut-être pas rare; mais en tous cas, elle fructifie rarement. Elle produit des macules d'un brun clair, assez étendues, ayant souvent plusieurs centimètres carrés de surface, irrégulières, entourées d'une marge subérisée très étroite, proéminente, à peine plus foncée que la macule.

Dans la tache, les éléments sont tués par le mycélium, infiltrés, pénétrés par lui.

La macule prend naissance pendant une période de temps humide et la marge qui lui succède et qui est destinée à arrêter les progrès du parasite ne se montre que si une période plus sèche succède. Si l'humidité apparaît à nouveau, on voit la macule déborder la marge, s'étendre à nouveau, former un second cercle concentrique au premier, qui se limite de même par une seconde marge, dès que le temps redevient sec. On peut voir ainsi sur les taches deux ou trois marges concentriques. Ici, la marge ne protège qu'incomplètement le limbe contre l'envahissement du mycélium.

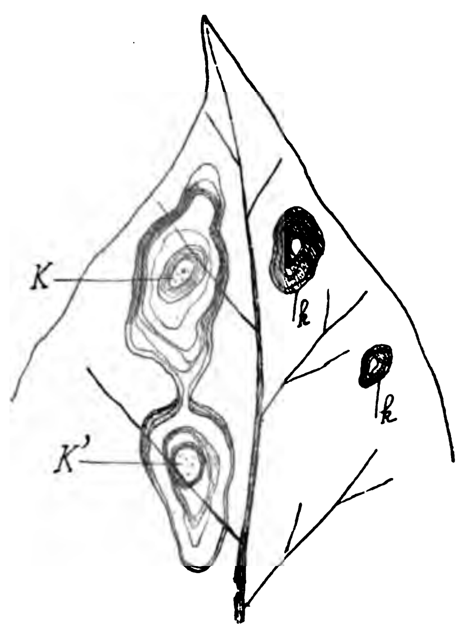


Fig. XVI. — Macule de la rouille d'*Ascochyta Nicotianæ* : K, K', macules fructifiées ; *k, k*, macules encore stériles.

Le fait doit tenir à ce que la subérification des cellules qui sont le siège d'une multiplication est lente à s'établir, sans doute à cause du peu de vitalité du tissu. Si le mycélium recommence à foisonner avant que la différenciation de ces éléments soit définitivement accomplie, on comprend que ce mycélium puisse déborder la tache.

Quand la fructification apparaît — et c'est toujours en général assez tardivement — la macule pâlit et, à la surface supérieure surtout, on voit d'assez nombreux points noirs qui sont les conceptables du champignon. Ils sont à peu près

sphériques, munis d'une ouverture circulaire au sommet et la surface interne est tapissée de spores, presque sessiles, ovoïdes, oblongues, hyalines, avec une cloison médiane, au niveau de laquelle elles sont un peu étranglées. Le contenu de la spore est un protoplasma granuleux.

Ces spores n'ont pas germé et je n'ai pu faire aucune expérience d'infection.

Traitement des Rouilles. — Quelle que soit la nature de la rouille qui attaque des feuilles de tabac, il n'y a pas grand'chose à espérer d'un traitement direct aux liquides anticryptogamigues. Si le tabac est proche de sa maturité, au moment où la rouille commence à s'y développer, le mieux sera de récolter de suite, au risque de diminuer, dans de faibles proportions d'ailleurs, la récolte. Si le tabac ne peut être encore récolté, il serait avantageux d'enlever les feuilles atteintes dès que le mal commence à se montrer; on aura ainsi des chances de conserver le reste indemne.

Albinisme et Panachure

Ces phénomèmes d'ordre tératologique consistent dans une décoloration, plus ou moins étendue, du limbe de la feuille, s'observant aussi bien sur les nervures.

La décoloration complète de la feuille est l'*albinisme* vrai; elle est assez rare. Quand la feuille ne présente que des plages décolorées, agréablement mêlées de plages vertes, il y a *panachure*.

Généralement, les feuilles atteintes le sont isolément; quelquefois, le pied entier présente le phénomème de l'albi-

nisme ou de la panachure. Il y aura lieu, dans ce cas, de différencier le cas de la nielle et aussi de la chlorose.

La panachure est très différente de la nielle, bien que Woods ait confondu les deux maladies. La panachure montre généralement des plages tout à fait blanches ou jaune pâle, généralement plus étendues que les taches vert pâle de la nielle, qui ne débutent pas nécessairement sur les feuilles très jeunes. Les parties vertes ne sont nullement accentuées dans leur teinte et les nervures incluses dans la tache de panachure sont également décolorées.

A part la disparition de la chlorophylle, il n'y a pas d'autre lésion, les chloroleucites sont normaux, mais presque décolorés. Je n'ai d'ailleurs pas fait d'étude spéciale de ces cas.

D'un autre côté, l'albinisme et la panachure vrais peuvent être au moins dans une certaine mesure, reproduits par le semis. Hugo de Vries (1) a ainsi obtenu une variété panachée de *Nicotiana macrophylla* que le semis donnait à nouveau dans 26 pour 100 des cas.

Chlorose

La chlorose du tabac est rare, par cette raison que le tabac n'est pour ainsi dire jamais planté dans des sols où cette maladie pourrait se montrer. C'est, en effet, sur les sols riches en calcaire, peu profonds, à sous-sol peu perméable, que la chlorose apparaît sur le tabac. J'en ai vu quelques

(1) Hugo de Vries, *Die Mutationstheorie*, t. II.

types très nets dans les environs de Dijon, et j'en ai observé aussi plusieurs cas dans le jardin de la Station, où le sol arable, d'une épaisseur faible, montre par endroits plus de 50 pour 100 de calcaire.

La chlorose se caractérise par une coloration jaune pâle diffuse, plus jaune que celle de la panachure et de l'albibisme, et qui n'est jamais entremêlée de parties vertes. La chlorose se montre le plus souvent *après* la plantation, tandis que l'albinisme apparaît souvent dès l'état très jeune du pied de tabac avant transplantation. Les pieds de tabac chlorotiques prennent toujours un développement assez faible, et, comme pour les autres plantes, la chlorose est toujours plus marquée dans les années humides. Je n'ai pas observé dans les plantes chlorotiques une surabondance d'oxalate de chaux.

J'ajouterai enfin que l'arrosage du sol avec une solution à 1 pour 100 de sulfate de fer atténue sensiblement l'état de maladie et fait reverdir la plante de façon marquée.

L'absence de taches vert foncé permet de différencier immédiatement la chlorose de la nielle.

Lésions tératologiques de feuilles

Les divers organes du tabac montrent parfois des monstruosités diverses dans la forme. On trouve l'énumération de celles qui ont été observées jusqu'ici dans l'ouvrage de Penzig (1). Ce sont les monstruosités des feuilles qui nous intéressent particulièrement.

(1) Dr O. Penzig, *Pflanzenteratologie*, 2 vol. Gênes, 1894.

Je signale les deux suivants, dont je n'ai pas trouvé mention :

Trifidité de la nervure médiane qui aboutit à la production



Fig. XVII. — Feuille tripartite, monstruosité sur variété Paraguay.

d'une feuille trilobée. J'ai rencontré cette forme dans les environs de Périgueux en 1904 (fig. XVII).

Avortement complet du limbe de toutes les feuilles. — Le pied de tabac qui présentait ce cas singulier ne possédait

qu'une seule feuille complète, la feuille la plus bas placée sur la tige. Toutes les autres étaient réduites exclusivement à la nervure médiane, qui apparaissait un peu tordue sur elle-même ; cette torsion ne reconnaissait sans doute pas d'autre cause que le phénomène de nutation du sommet de cette nervure. La tige se terminait par des boutons à fleurs atrophiés plus ou moins. Il n'existait aucun bourgeon latéral développé. J'ai rencontré ce singulier cas tératologique dans le jardin de la direction du Magasin de Périgueux, où il avait été replanté. N'ayant pu l'avoir en ma possession, il m'a été impossible d'en donner une figure.

23 Décembre 1905.

UTILISATION AGRICOLE DES EAUX

Contribution à l'Étude des Prairies irriguées dans les Vosges

— *Suite et fin* (1) —

PAR

M. R. OLRY

INGÉNIEUR AGRONOME

PROFESSEUR DE L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DE SAINT-BON

III

Mise en valeur des prairies

1° Entretien des Canaux et Rigoles

L'irrigateur doit entourer sa prairie de soins continuels afin de la maintenir en constant état de production. Les eaux des montagnes vosgiennes, quoique très claires, ne laissent pas que de rouler des matériaux de toute espèce, surtout des graines de plantes diverses qui, déposées au fond des canaux et rigoles, germent très vite en raison de l'humidité qu'elles y trouvent, poussent leurs tiges longues et résistantes entravant ainsi le libre écoulement des eaux. Pendant la récolte, les rigoles sont à sec et les fenasses, qu'abandonne le travail de la fenaison, se développent dans la terre meuble des canaux d'arrosage formant ainsi un obstacle aux irrigations.

(1) *Annales de l'Institut national agronomique*, 1905 ; t. IV, fasc. 2.

Les travaux d'entretien les plus importants s'exécutent aux mois de Février et Mars après les gelées hivernales dont les effets sur les profils des rigoles sont parfois très apparents Dans certaines parties administrées par des syndicats d'arrosage, le curage des canaux d'amenée, leur réfection partielle, l'enlèvement des boues, tous ces travaux importants et onéreux sont faits sur les fonds de l'association. Dans d'autres, celles où il n'existe aucun groupement syndical, chaque riverain est tenu d'exécuter ou de faire exécuter ces travaux, proportionnellement à l'importance de ses propriétés. Mais s'il s'agit de la construction ou des réparations aux barrages, vannes et martelières, il faut l'entremise d'ouvriers spéciaux payés sur les fonds en caisse ou par les propriétaires intéressés au prorata de la surface possédée.

Ces grands travaux sont relativement rares, et n'entrent pas dans le cadre des occupations ordinaires de l'irrigateur vosgien. Au printemps, les rigoles sont profilées à nouveau, nettoyées de toute végétation parasite, creusées ou déplacées suivant les cas. C'est à ce moment que l'on répare les dégâts causés par les fortes gelées ou les crues des rivières et des ruisseaux. L'enlèvement des cailloux, le nettoiement des places submergées, la réfection complète des canaux d'arrosage, sont des travaux rapidement exécutés. Les petites rigoles sont changées de place et reportées à quelque distance pour que la prairie conserve son aspect régulier et sa constance dans la production. L'irrigateur nivelle, aplanit son pré, déblaie et remblaie, cherchant à donner aux surfaces la plus grande régularité possible.

Après la fenaison, il y a encore envahissement des rigoles par une végétation luxuriante amenée par les eaux. Afin de ne point compromettre la récolte du regain à une époque où les arrosages doivent être fréquents, malgré la masse d'eau souvent insuffisante dont on dispose, il est de toute nécessité de faucarder à fond les rigoles principales et secondaires.

On exécute ce travail avec une vieille faux, long emmanchée, qui coupe les plantes gênantes, et nettoie les parois,

mais on ne change pas de place les ramifications comme cela avait eu lieu au printemps.

2° Pratique de l'Arrosage

a) ÉPOQUES D'ARROSAGE

Quel que soit le système d'irrigation adopté (et ils sont nombreux), la valeur fertilisante de l'eau varie, entre des limites très éloignées, suivant les différentes époques de l'année. Alors que pour les méthodes de distribution, l'irrigateur se plie aux exigences du relief, lorsqu'il s'agit d'arrosages il ne suit aucune idée directrice : son bon plaisir seul le guide. Tel propriétaire soumet ses prés à l'arrosage intensif d'hiver, tel autre préfère l'irrigation printanière ou automnale. Tous deux peuvent avoir raison, à leur point de vue personnel, et dans certains cas déterminés, car sur ce sujet les procédés varient avec chaque prairie. Voici, dans ses grands traits, l'habitude la plus générale en ce qui concerne les époques d'arrosage.

Après l'achèvement des regains, à la fin de l'été (25-30 Août), on occupe les mois de Septembre et d'Octobre à des arrosages intermittents, réglés d'ailleurs par l'abondance ou la pénurie des eaux à cette époque. D'autres travaux absorbent complètement la journée du cultivateur : il est bien rare que ces irrigations soient suivies régulièrement plusieurs jours de suite. Les prés sont soumis à des alternatives nombreuses de submersion nocturne et d'égouttement diurne suivant le nombre des irrigateurs présents et le volume d'eau disponible. L'intensité de l'arrosage subit les mêmes fluctuations que l'offre et la demande.

Aux premières gelées se produit un arrêt marqué. Comme la valeur et l'importance des irrigations d'hiver sont, quoi qu'on en dise, très discutées dans les Vosges, et très irrégulière leur pratique, il arrive que ceux qui en sont partisans peuvent disposer en janvier et février de quantités d'eaux

fort considérables, plus ou moins limoneuses, susceptibles d'être dirigées sur les prés et répandues en une nappe d'épaisseur constante, incessamment alimentée par de nouveaux apports d'eau vierge. Pour que le gazon superficiel ne subisse pas les effets désastreux de la gelée et que, d'autre part, s'effectuent l'aération et l'oxydation du sol, la hauteur de cette lame d'eau ne doit pas dépasser quarante centimètres en tous points. La surveillance des canaux et des colateurs doit être continue : c'est un bien lourd tribut pour un faible avantage. Nous reviendrons par ailleurs sur cette question des irrigations hivernales.

En mars, tout le monde arrose. C'est l'époque des travaux d'entretien, de réfection des prairies ; au départ de la végétation, il est nécessaire d'activer dans le sol la combustion et l'élimination des déchets organiques, d'en élever la température. Une prudence extrême s'impose dans la pratique de ces arrosages printaniers, car on ne s'inquiète pas assez, dans nos Vosges, de cette influence de l'eau sur la chaleur du sol à une époque où les inversions de température sont à craindre, le rayonnement nocturne variable, et partant les gelées fréquentes.

Avril et mai sont également consacrés à l'irrigation, mais les volumes d'eau distribués sont peu à peu diminués afin d'éviter le limonage des plantes à leur partie inférieure. C'est l'état de l'atmosphère qui décide de la durée et de la répartition des arrosages. En année moyenne il n'entre plus d'eau sur la prairie à dater du 10 juin ; les années sèches, on prolonge jusqu'à la fenaison.

Le moment le plus critique pour les irrigateurs est la période qui sépare la récolte des foins de celle des regains. Il importe, en effet, qu'aussitôt récoltée, la prairie soit recouverte d'eau pour que les jeunes pousses trouvent dans l'infiltration, la compensation nécessitée par leur grande transpiration à cette époque de l'année. Quand le regain résiste aux ardeurs du soleil pendant les quinze jours qui suivent la fenaison, il y a beaucoup de chances pour que la sécheresse

ultérieure lui cause peu de préjudice. Aussi est-ce une véritable course au clocher pour fournir aux plantes cette humidité qui leur est indispensable. Malheureusement, le faible débit des cours d'eau en cette saison ne permet pas de satisfaire tous les besoins : les plus patients et les plus ingénieux seuls profitent d'un demi arrosage nocturne.

***

Eté comme hiver, la façon d'arroser reste la même. L'eau se répartit dans les rigoles primaires ou secondaires au moyen de planchettes placées en travers du canal ou de simples mottes de gazon, s'il s'agit de razes peu importantes. A l'aide du *fossoir* et de la *hache de roie*, l'on fait disparaître reliefs et creux, l'eau coule dans l'herbe jusqu'aux plantes les plus éloignées, se renouvelle constamment sans séjourner nulle part. Les débits sont modifiables à volonté par des vanettes placées à l'origine.

En l'absence de syndicats d'arrosage, chacun a le droit de prendre au canal principal l'eau qui lui est nécessaire. Rien ne vient en régler la proportion, ce qui entraîne des abus, des contestations sans nombre.

Mais si les irrigations sont collectives et réglées par un contrat d'association ces prises et reprises de l'eau, ces luttes continuelles de jour ou de nuit, n'ont plus leur raison d'être. Lorsque la mère roye a un débit suffisant pour abreuver simultanément l'ensemble des prés désignés dans l'acte de fondation du syndicat, chaque sociétaire ouvre ses écluses sur le canal de dérivation et veille en bon irrigateur à ce que toutes les portions de son héritage aient leur « tournée » d'eau.

Lorsque cette irrigation simultanée ne peut avoir lieu, les associés ne jouissent du cours d'eau que pendant une période réglée à l'amiable suivant la contenance du pré. Il arrive que dans ce cas, la quantité d'eau disponible soit trop faible pour remplir les rigoles distributives ; le liquide réparti dans des canaux brûlants, sur des sables desséchés, s'infiltre

aussitôt dans le sol poreux des prairies et ne joue aucun rôle actif. Pour éviter cela, on règle les arrosages de façon que tous les cinq jours, la masse d'eau mise à la disposition de chaque associé soit suffisante pour déborder dans les rigoles les plus éloignées de la prise.

Individuelles ou collectives, les colatures ne font retour au canal principal qu'après un trajet plus ou moins long dans la rivière. Pendant qu'elles cheminent ainsi après un premier « dégraissage », l'oxygène se dissout, les déchets emportés s'éliminent par oxydation, et des matériaux nouveaux entrent en dissolution.

A ce propos, il est remarquable que le souci d'assurer le bon écoulement de l'eau d'assainissement est moins réel que celui de la répartir également : tout le réseau d'égouttage souffre de cette exclusive préoccupation.

b) QUANTITÉ D'EAU EMPLOYÉE

Dans le but de calculer les apports d'éléments fertilisants dus à l'irrigation seule, différents expérimentateurs ont déterminé les volumes d'eau employés annuellement par hectare de prairie. C'est ainsi qu'Hervé Mangon, opérant à Saint-Dié, est arrivé au chiffre de *1.548.600* mètres cubes.

L'ingénieur Foltz, en 1832 *(Annales de la Société d'Emulation des Vosges)* affirmait déjà qu'une prairie de la Gosse près Epinal recevait 720 litres d'eau par seconde soit environ *960.000* $^{m^3}$ par hectare.

Plus récemment, M. Le Couppey de la Forest, dans une étude sur les prés de la Joncherie, près de Remiremont, trouvait à l'orifice du siphon d'amenée des eaux, un débit annuel de *11.037.600* $^{m^3}$ dont la moitié à peu près est utilisée pour l'irrigation de 9 hectares, ce qui correspond à *650.000* $^{m^3}$ par hectare.

Mais par contre, dès 1825, M. Perrin s'élevait contre l'abus des arrosages intensifs. Il estimait que 50 litres par hectare et par seconde étaient très suffisants en mauvais terrain, que

25 convenaient parfaitement dans les sols graveleux et fermes de la Haute-Moselle. Son irrigation du Pré Broquin, à Remiremont ne lui dépensait par an que 124.416$^{m^3}$ dont plus des trois quarts passaient aussitôt dans les colateurs.

De même, les frères Dutacq, dans leur vaste entreprise de créations de prairies, n'ont jamais dépassé le débit de 130 litres par hectare et par seconde. Toutes les sections de leurs canaux principaux étaient calculées pour un écoulement moyen de 100 litres. (Thaon — 130 litres, Barbelouze, 96, Chavelot, 76).

En présence de ces résultats contradictoires et des divergences d'opinion qui en résultent, l'on ne peut définir d'une manière quelque peu exacte la somme des apports annuels faits aux prairies, par les eaux d'arrosage, ni même concevoir une idée juste des avantages ou des inconvénients qui peuvent provenir de l'usage des méthodes d'irrigation vosgiennes. Il y a sur cette question trop de variations, trop d'appréciations personnelles, pour que l'on puisse admettre sans contrôle des chiffres aussi disparates.

A la vérité, l'étendue des surfaces irriguées, les écarts de température possibles, l'abondance ou la rareté des eaux météoriques, règlent les volumes disponibles, mais, tout compte fait des influences exercées par ces facteurs essentiels, la nature du sol des prairies vosgiennes, exige en principe, et dans presque tous les cas, une masse d'eau considérable.

La plupart des vallées sont en effet composées de plaines de cailloux et de sables, sous lesquels se trouve une nappe d'eau dont le niveau suit les fluctuations de débit de la rivière. Il en résulte que, par temps sec, surtout, les pertes d'eau sont très nombreuses et qu'une grande partie de la masse liquide retourne à la rivière par la nappe souterraine avant même d'être arrivée à la plante.

Ainsi pourraient s'expliquer, jusqu'à un certain point, cette particularité remarquable des irrigations dans les régions du granit et du grès vosgien, ces volumes énormes de liquide que l'on ne retrouve nulle part ailleurs. De là à conclure que,

dans les Vosges, on ne se rend pas compte de ce qu'on distribue aux prairies et à prétendre que la seule règle suivie est de répandre sans mesure toute l'eau dont on dispose, il n'y a qu'un pas.

Pour élucider cette question d'un intérêt capital, j'ai essayé de me rendre compte de ce que les chiffres cités plus haut comportaient d'approximation. Autant que possible, je me suis placé, pour cette vérification, dans la situation même des irrigateurs du pays et ai suivi de très près les méthodes de ceux d'entre eux qui représentent l'opinion moyenne en fait d'arrosage.

*
* *

Sur une parcelle de 20 ares, faisant partie de la prairie de Mont-le-Rupt, à Archettes, arrive par deux rigoles indépendantes, l'eau vierge provenant d'une dérivation du Ruisseau d'Argent (affluent de la Moselle).

Par la perméabilité de son sol, l'horizontalité presque parfaite de sa surface, et le système d'irrigation qui lui est adapté cette prairie représente un type exact de ces prés de vallées qui passent pour les mieux entretenus et les plus productifs de la montagne vosgienne.

L'une des deux portions qui constituent la parcelle est disposée en demi-planches séparées, l'autre en plan incliné simple. Chacune d'elles a très approximativement la même surface (10 ares) et le débit des rigoles y est réglé de la même façon.

Une fois pour toutes, j'ai jaugé les mères-royes principales et établi sur les vannages, des repères, pour qu'à chaque irrigation le périmètre mouillé restât le même.

Le volume d'eau qui correspondait à ce débit constant permettait de remplir les rigoles secondaires les plus éloignées de la prise dans un temps maxima de quarante minutes pour les deux parcelles. Au bout de cette période, commençait l'irrigation proprement dite.

CALCUL DU DÉBIT

On sait que le débit est donné par la formule :

$$Q = v + s.$$

Q étant la vitesse moyenne dans une section S, en un point où l'écoulement est bien régulier. Or, dans ces rigoles où le remous de l'eau contre les berges très rapprochées rend difficile l'emploi des flotteurs, la vitesse du courant ne peut être évaluée convenablement. Il est préférable d'établir un déversoir et de calculer le débit moyen, par la formule :

$$Q = 1.000 \times 0.405 \times l \times h \sqrt{2 gh}.$$

l étant la largeur du déversoir au plafond
h la hauteur de l'eau au-dessus du seuil.

Dans le cas où je me suis placé :

$$l = 0^m25,\ h\ 0^m09,\ g = 9.81.$$

donc

$$Q = 1.000 \times 0.405 \times 0.25 \times 0.09 \times \sqrt{2 \times 0.09 \times 9.81}$$

et après opérations.

$$Q = 12 \text{ litres } 0.28 \text{ par seconde}$$

soit par hectare

$$Q = 12{,}028 \times 10 = 120 \text{ litres } 28 \text{ par seconde}$$

c) PÉRIODES D'IRRIGATION

a) Du 15 juillet au 15 août, en raison de la rareté de l'eau, irrigation hebdomadaire discontinue (1), de 6 heures pendant le jour ; la nuit, l'on effectuait un déversement continu de 6 heures, soit au total :

$$12^h \times 4^s = 48 \text{ heures.}$$

(1) C'est-à-dire ne comportant que des remplissages successifs des rigoles sans déversement sur les bords, cela en raison du nombre des ayants-droit.

b) Du 15 septembre au 15 novembre, arrosages continus de 12 heures, à raison d'un par semaine :

12 × 8 = 96 heures.

c) Pendant l'hiver, aux périodes de dégel, arrosages légers de la prairie ; 100 heures ont été consacrés à ce travail

d) Vers le 1er mars, travaux de réfection des rigoles, mise en état des surfaces, irrigation continue de 12 heures.

e) A partir du premier avril jusqu'au premier mai, deux irrigations par semaine de six heures chacune.

12 × 4 = 48.

f) De mai au 10 juin, suivant les travaux de culture, les eaux disponibles, la température, on a procédé à des irrigations irrégulières, plutôt nocturnes, dont l'ensemble représente 90 heures.

En totalisant ces chiffres, on arrive à 394 heures de déversement continu ou discontinu, fournissant un cube d'eau de : 3600 × 294 × 120.28 = 170,605 mètres cubes, en chiffres ronds, 170.000 mètres cubes à l'hectare.



Sans vouloir généraliser ce résultat, ni tirer de eette expérience des conclusions qui ne s'appliqueraient pas aux prairies de qualité et de perméabilité ordinaires, je crois cependant être en mesure d'affirmer, *que pour la très grande majorité des cas, les quantités d'eau utilisées dans la Montagne et la Voge, n'oscillent qu'entre 150 et 300.000 mètres cubes par hectare et par an.* Les chiffres exceptionnels cités par MM. Foltz, Hervé-Mangon, Le Couppey (1) représentent, les premiers tout au moins, des quantités maxima employées

(1) En ce qui concerne le chiffre trouvé par M. Le Couppey, à la Joncherie, il est bon de se rappeler que cette prairie est dans une situation très avantageuse, au point de vue de l'irrigation, grâce à un siphon d'alimentation, dont le débit constant, même en temps de sécheresse, incite les locataires de la prairie à multiplier les arrosages.

durant quelques jours seulement, quand il y a eu des crues temporaires des rivières.

En admettant que dans les prairies de la Moselle et de ses affluents, l'on déverse à la seconde, et par année moyenne, 100 litres d'eau à l'hectare, on aura une idée suffisamment précise de l'intensité des arrosages, dans cette région. Pour la Meurthe, 150 litres paraissent nécessaires, tandis que dans la vallée de la Saône, nulle part on n'emploie plus de 50 litres.

Quelque réduits que paraissent ces chiffres par rapport à ceux précédemment cités, ils n'en représentent pas moins une couche d'eau de 10 à 20 mètres qui traverse par infiltration la terre arable de ces prairies. L'épaisseur de cette tranche liquide saute aux yeux et cependant il n'est pas rare qu'on la dépasse. Au lieu de déverser 120 litres à la seconde et par hectare, ce qui à la réflexion, paraît plus que suffisant, l'on arrive à 300 et même 400 litres et cela sur des surfaces analogues à celles dont je me suis servi, n'ayant qu'une perméabilité relative, pauvres en éléments solubles de par leur nature géologique. Néanmoins, personne ne paraît craindre la rupture d'équilibre qui doit fatalement résulter de l'excès des prélèvements par dissolution et oxydation sur les apports d'éléments utiles. Rien n'a pu, jusqu'à ce jour, éloigner le praticien de cette coutume néfaste ; aucune considération n'a prévalu contre cet entêtement préjudiciable au maintien de la fertilité moyenne ; pour lui, l'eau est la panacée merveilleuse qui répare les désastres et atténue les pertes « *On ne saurait trop en mettre* ». Et pendant que persistent ces méthodes, les principes solubles disparaissent, l'humus se maintient dans sa forme organique de moins en moins nitrifiable ; l'acide phosphorique séparé des bases vis-à-vis desquelles ne s'exerce pas le pouvoir absorbant, s'élimine lentement ; la chaux apportée par l'irrigation ou associée aux acides minéraux se solubilise en présence de l'acide carbonique en excès et se retrouve dans les colatures.

C'est ainsi que le stock total des principes nécessaires

diminue peu à peu sans que la prévoyance intelligente de l'irrigateur cherche à combler le déficit; la flore se transforme, les rendements diminuent en quantité et en qualité, le mal est grand, la guérison lente.

3° Les arrosages d'hiver

Cette exagération des volumes d'eau consacrés aux irrigations annuelles est le plus sensible, pendant les mois de janvier et février. Ceux qui s'adonnent à cette pratique des arrosages d'hiver disposent de cours d'eau gonflés à l'excès par les pluies et les neiges; leur nombre réduit favorise la répartition avantageuse de ces débits considérables : toutes les conditions climatériques et économiques semblent s'associer pour donner aux partisans de la méthode cette raison d'être que beaucoup d'auteurs se sont plu à reconnaître, d'accord en cela avec les gens du pays, de la Montagne surtout. « Pendant l'hiver, disent-ils, l'eau abandonne son « gras » sur le sol ». Malgré son apparence logique, l'arrosage intensif d'hiver est une habitude blâmable, contraire à la bonne culture des prairies et au maintien du capital mis en réserve dans le sol pour les besoins essentiels des plantes.

Si par ce mot « gras », on entend les limons et la matière organique en suspension, le déversement hivernal colmate en effet les surfaces, ces substances étant presqu'intégralement arrêtées par les particules terreuses, lorsque l'infiltration se fait normalement. Mais si, poussant les choses plus à fond, on examine, d'autre part, les matières dissoutes, chlorures, sulfates, carbonates, phosphates, le phénomène change. Les eaux abandonnent la plus grande partie de leurs éléments riches aux plantes, non au sol : l'examen des colatures aux différentes époques de l'année établit ce fait d'une façon péremptoire. Quand les végétaux sont en pleine croissance, l'épuisement des liquides filtrés est presque complet ; aux

périodes de repos (décembre, janvier, février), il est à peu près nul.

Le sol des prairies vosgiennes ne contient en quantité appréciable que des substances analogues à celles dont la présence dans les eaux d'arrosage serait insuffisante pour justifier la pratique en question. Celles-ci ne dérivent-elles pas de celui-là ou de roches communes par suite de processus chimiques aussi nombreux que faciles à comprendre? Pourquoi le pouvoir absorbant, si éclectique dans son mode d'action, viendrait-il à s'exercer vis-à-vis d'éléments dont il a une réserve amplement suffisante pour les besoins des récoltes? Et si l'on invoque les excédents d'azote trouvés par Hervé-Mangon et s'élevant à 135 k. 684 par hectare et par an, rien ne prouve (le calcul de ce chiffre ayant été fait par différence des importations dues à l'eau totale et du prélèvement opéré par la récolte) que cet azote ne soit dû aux arrosages de printemps, l'acide nitritique passant aussitôt qu'il est formé dans les colatures si une végétation puissante ne l'arrête au passage.

Or, dans les eaux d'écoulement recueillies pendant l'hiver, l'analyse montre des quantités d'azote libre ou combiné aux bases presqu'équivalentes à celles trouvées dans les eaux d'amenée.

La différence n'atteint pas deux milligrammes par hectare et par seconde (d'après Kœnig).

En ce qui concerne *la potasse,* que l'humus superficiel retient d'une manière constante quelle que soit la saison, ne suit-elle pas la même marche que l'acide azotique son associé préféré dans les divers phénomènes de nutrition végétale? D'ailleurs sans qu'il y ait excès de cet élément dans les prairies vosgiennes il est bien rare que la dose totale ne soit pas suffisante: les roches granitiques qui leur ont donné naissance sont, nous l'avons vu, formées en majeure partie de silicates de potasse. Restent *la chaux* et l'*acide phosphorique*.

De ce dernier aucune trace n'existe dans les eaux, la

terre en est également très pauvre (de 0,2 à 0,8 °/₀₀) et l'irrigation d'hiver ne peut donner au sol ce qu'elle n'a pas.

Quant à la chaux, sa teneur dans les sols est en rapports si étroits avec les quantités d'acide carbonique dissoutes dans les eaux que l'on ne peut préciser dans quelle mesure les arrosages d'hiver en favorisent l'apport. Lors même que sa fixation serait sensible, n'existe-t-il pas des moyens plus simples, plus rationnels de surexciter au printemps, la vitalité longtemps ralentie des microbes nitrificateurs ? Tant d'amendements contiennent cette substance sous une forme immédiatement assimilable que s'exposer, dans le seul but d'en éviter l'emploi, aux accidents possibles est une erreur pratique très grande.

Si l'excédent d'azote indiqué par M. Hervé Mangon comme bénéfice dû à l'irrigation, peut être fourni, au printemps par 360.000 mètres cubes d'eau au lieu des 1.180.000 $^{m^3}$ nécessaires l'hiver, si la potasse retenue, d'une façon constante, par le pouvoir absorbant n'est pas d'une rareté telle dans nos prairies qu'un apport continu soit indispensable.

Si la chaux, l'acide phosphorique, l'une variable à l'excès l'autre absent de la plupart des eaux, peuvent être donnés au sol sous d'autres formes plus simples et moins dangereuses.

Si, enfin, il est avéré que le principal facteur influant sur la diminution des éléments nutritifs dans l'eau d'arrosage est la puissance de la végétation, que reste-t-il aux partisans de cette méthode pour justifier l'exportation incessante vers les colatures des meilleurs principes du sol ?

Des compensations nombreuses sont fournies aux prairies par les résidus des récoltes et l'emploi judicieux des eaux : cela explique comment, sans aucune fumure, leur fertilité ancienne s'est aussi bien maintenue.

4° La fertilisation des surfaces

Quand le cultivateur vosgien a nivelé sa prairie comme un jardin, régularisé les rigoles à la hache de roie, réparé ses vannes et curé ses ruisseaux, il contemple d'un œil satisfait l'ensemble de son œuvre et attend, de la nature seule, la récolte abondante qui doit récompenser son labeur.

Depuis des siècles, l'herbe pousse aux mêmes endroits; les eaux fécondantes apportent aux plantes les mêmes substances; grasses ou maigres, les années se succèdent sans que se modifie la physionomie des vallées et des montagnes. A ne voir que l'apparence des choses, on pourrait douter, en effet, de l'utilité d'un progrès quelconque, on serait tenté d'approuver cette belle routine qui, depuis cent ans, au moins, avec une sérénité parfaite et des méthodes surannées, extrait du sol, comme d'une mine inépuisable, la quintessence de ce qu'il renferme. On ne sait par quelle mystérieuse combinaison des éléments météoriques et telluriques, par quel concours de circonstances favorables, l'ensemble de la prairie vosgienne a pu résister sans trop de dommage à cette formidable exportation. Toujours est-il que, confiants dans la richesse toujours renouvelée des eaux, les irrigateurs laissent à celles-ci le soin de pourvoir à tous les besoins de la plante et du sol : les arrosages sont comme une formule magique applicable à tous les cas : *En dehors de l'irrigation, rien ou presque rien n'est fait pour la fertilisation des prairies.*

5° Emploi du fumier de ferme

Dans la Vôge et la Montagne, la stabulation permanente des animaux est de pratique courante ; jamais on ne les conduit sur le pré, car leur piétinement endommagerait immédiatement sa surface humide et tendre. Donc aucun retour n'est fait à la terre par « *Voie animale directe* ».

Non plus par la « *Voie indirecte* » du fumier produit à

l'étable et répandu en surface, car il est bien rare, dans les prairies de vallée (moins peut-être en montagne), de trouver un essai d'amélioration par ce procédé, d'ailleurs peu rationnel et anti-économique.

Lawes dit, en effet, « de tous les principes que renferme le fumier, c'est l'azote qui profite le moins à la culture des prairies », il s'unit à l'humus de la couche superficielle, s'y accumule et devient difficilement nitrifiable. Le fourrage produit par l'action du fumier, s'il est plus abondant, est aussi plus ligneux, moins digestible, parce que plus pauvre en protéine.

La faible valeur vénale des foins paye mal l'engrais fourni, sous cette forme : dans les cas très rares où une fumure azotée est indispensable pour donner aux microorganismes nitrificateurs le coup de fouet dont ils ont besoin, l'usage d'un compost ou simplement de bonne terre arable est très préférable. On ne peut d'ailleurs laisser sur les prés, au printemps, tous les immondices qu'abandonne fatalement une telle pratique, il faut les enlever et renoncer, par suite, aux bienfaisants effets qu'aurait produit la combustion de ces matériaux organiques s'ils avaient été enfouis.

Dépense d'engrais, dépense de main-d'œuvre pour un mince profit : voilà pourquoi on ne saurait trop déconseiller aux cultivateurs vosgiens la fertilisation ainsi comprise de leurs prairies irriguées.

6° Emploi des Engrais Chimiques

Certes, des efforts louables sont faits pour favoriser dans nos régions l'emploi des engrais chimiques à la fumure des surfaces enherbées. Depuis quelques années, sur des points déjà nombreux de la Montagne et de la Vôge, il est d'usage de répandre en mars quelques sacs de scories sur l'ensemble des prés d'une même exploitation. Partout des résultats satisfaisants, ont été constatés, surtout dans les sols humides : la flore s'est heureusement modifiée et si quelques

essais n'ont pas répondu aux espérances des praticiens, la faute est souvent imputable à leur ignorance des véritables exigences du terrain.

Je ne crois pas que l'usage des scories et autres amendements phosphatés appliqués aux prairies ait suivi jusqu'à ce jour une progression bien rapide. Il ne prend pas, en tout cas, un essor comparable à celui de ces mêmes engrais donnés aux terres arables comme complément de fumure.

Le fait est regrettable, qu'on l'impute à l'inertie du paysan, à sa négligence ou à sa répugnance vis-à-vis des nouveautés et du progrès. Incapable d'ailleurs de juger d'après un seul essai de l'accroissement de valeur de ses fourrages, de leur meilleure digestibité, il n'a vu que le produit brut, très peu supérieur, en bien des cas, au produit moyen normal, et cette différence ne justifiant pas, à ses yeux, la mise de fonds consentie, il abandonne les bénéfices ultérieurs que lui aurait certainement donnés la persévérance dans cette voie.

Une réforme préalable s'impose dans les idées de l'agriculteur vosgien; qu'il considère sa prairie comme une culture spéciale et non comme un adjuvant de l'exploitation, peu coûteux et de bon rapport, sans doute, mais susceptible d'épuisement progressif ; qu'il s'habitue à préciser la valeur des fourrages récoltés par les résultats obtenus à l'engraissement de ses animaux, conséquences de leur composition chimique plus ou moins en rapport avec la flore; qu'il attende un peu plus de son initiative, moins de la nature propice, et pour les prairies comme pour les champs, l'usage des engrais minéraux sera le meilleur moyen d'assurer une productivité active et soutenue, dans le sens de la quantité et de la qualité.

IV

Les fourrages

1° Rendements

Un hectare de prairie moyenne, en vallée, produit dans les Vosges, lorsque les conditions climatériques sont normales :

Foin sec.............	4.500 kil.	Moyenne des 10 dernières années
Regain............ .	2.300 kil.	
Rendement brut total.	6.800 kil.	

Le minimum a été atteint en 1893, mais 1898-1899 ont fourni par contre d'abondantes récoltes. Que de causes de variations, quels écarts l'on peut admettre suivant le régime, la situation et l'irrigation de la prairie! Cette dernière considération surtout élève le rendement total à un tel point que dans les herbages de la Montagne où le volume des eaux disponibles est moindre, le produit total attetnt à peine 25-28 quintaux de fourrage sec. Il est vrai que la qualité est meilleure, la digestibilité plus considérable, car la proportion de matière sèche pour cent y est moins élevée qu'en plaine. On y rencontre d'ailleurs quelques légumineuses, surtout du trèfle blanc et moins de plantes diverses.

2° Composition des fourrages

Dans son ensemble, la production fourragère vosgienne est caractérisée par la rareté des plantes appartenant à la famille des légumineuses. Leur grande richesse en protéine donne en effet aux mélanges une valeur alimentaire très élevée, mais on sait qu'en l'absence d'acide phosphorique et de chaux, les graminées sont sensibles aux bons effets d'une irrigation abondante; celle-ci exerçant au contraire une action nuisible sur les légumineuses.

C'est à la faible teneur des fourrages en acide phosphorique qu'est due la taille peu élevée, le développement insuffisant du squelette des bovins indigènes. Des croisements avec les races comtoise et suisses en vue d'amplifier les formes ne pourront se maintenir au niveau actuel si l'on n'améliore pas leur régime par des rations plus concentrées.

a) GRAMINÉES

Les graminées sont toujours abondantes souvent grossières. Deux d'entre elles sont particulièrement à signaler : l'agrostide commune (*agrostis vulgaris*) et la houlque laineuse (*holcus lanatus*), l'une réellement nuisible, envahissante, peu nourrissante, l'autre indifférente, inutile à propager comme plante de prairies.

Il n'est pas de foin où elles n'entrent pour 20 centièmes au moins du total des graminées. Les autres plantes de cette famille, ray-grass, vulpin, dactyle, fromental etc., sont, par contre, très estimables, recherchées du bétail et végètent superbement en vallée.

Le nard, la flouve, le paturin sont plus abondants en montagne et donnent au foin odeur et finesse comme compensation de sa faible quantité.

b) PLANTES DIVERSES

La pénurie des légumineuses serait atténuée par la variété des plantes diverses, s'il n'y avait entre ces deux catégories autant de dissemblances sous le rapport de la valeur alimentaire. M. Boitel n'a pas trouvé moins de 50 espèces qui se développent spontanément et exercent sur la qualité des foins une influence souvent néfaste. La « Berce » constitue à elle seule, quelquefois, les deux tiers du fourrage, surtout au voisinage des habitations, dans les fonds riches et frais, où l'excédent d'azote lui fait prendre un vigoureux développement. La « Colchique d'automne » est toujours vénéneuse même à l'état sec. En août et septembre,

les prairies des Vosges sont toutes émaillées de ses corolles mauves; les regains en sont remplis, personne ne s'en préoccupe. Il faut croire que le pétiole et les pétales de cette fleur n'ont qu'une toxicité très atténuée à cette époque, par rapport à celle des bulbes et des feuilles au printemps ou à l'état vert, car les empoisonnements du bétail sont très rares à l'étable. Les joncs, les renoncules, les carex, les rhinanthes sont fréquents dans les prés mouillés, dans les fonds tourbeux; le fourrage qui en dérive est assurément de qualité inférieure.

c) LÉGUMINEUSES

« Quant aux légumineuses, dit M. Boitel, on ne saurait trop en favoriser la multiplication. » La plus répandue est le trèfle blanc, qui tapisse la surface des meilleures prairies de montagne : elle est malheureusement trop petite pour fournir un fourrage abondant.

Les trèfles jaune et violet sont plus rares ; le premier, de dimensions réduites, voisine avec l'anthyllide mais ne peut, dans les Vosges, améliorer sensiblement la qualité.

***

3o Valeur marchande

Ainsi composé de plantes diverses, de graminées et de quelques légumineuses, le foin des prairies de vallée, le plus marchand, a un pouvoir nutritif faible, dû en majeure partie à sa pauvreté en protéine et en phosphates.

La ration moyenne des animaux en stabulation permanente doit atteindre 16 kil. 500 par jour, s'il ne leur est distribué d'autres aliments. Aussi la valeur vénale d'un semblable produit est-elle variable à l'excès.

Dans les adjudications militaires, cavalerie, gendarmerie, artillerie et train, moins sujettes aux variations brusques,

on trouve que l'échelle oscille de 4 fr. 50 à 5 fr. 75 les 100 kilogr, pour la première qualité.

Dans les transactions courantes du marché, il est rare de dépasser 6 fr. 50 ; en 1893, cependant, on payait couramment le quintal 17 francs.

4° Produit à l'hectare

Si l'on admet comme chiffre moyen de ces dix dernières années le chiffre de 5 fr. 30 les 100 kilogrammes, on arrive à un produit brut théorique de :

$$5.30 \times 6.800 = 360 \text{ francs à l'hectare}$$

dont il faut déduire les *frais généraux d'exploitation*, d'amortissement et d'impôt.

Pour en établir le montant, les bases les plus certaines sont les suivantes :

Impôts payés à l'H^a^ par le propriétaire............	20.»»
Salaire du faucheur (2 journées 1/2 à 2.50. 2.5 × 2.5 =	6.25
Salaire des femmes auxiliaires (5 femmes pendant 2 jours) ci 10 journées à 1 fr. 25 =	12.50
Nourriture des employés faucheurs 1,50 par jour. soit	4.75
— — femmes 1.25, ci..........	12.50
Total des frais généraux...........	56 fr.

On loue couramment les prairies de bonne qualité à raison de 200 francs l'hectare ; dans ces conditions le fermier trouvera en principe, et comme rémunération de son travail un bénéfice en nature, ou en argent, à peu près équivalant aux 2/3 du revenu du propriétaire (plus exactement : 360 — (200 + 36) = 124 fr. pour le fermier, 200 — 20 = 180 fr. pour le propriétaire). Ce bénéfice, à la vérité variera, chaque année, tandis que celui du propriétaire reste fixe.

La réalité ne concorde pas en tous points avec ces chiffres élevés, car l'exploitant, quel qu'il soit, se trouve dans la nécessité d'entretenir sur le domaine les animaux qui sont

indispensables au fonctionnement des services, et cela diminue pour ne pas dire supprime, la vente en nature des produits herbacés.

Si l'on admet que le fumier est le déchet normal d'une exploitation du bétail combinée pour donner lieu à bénéfice sans qu'il entre en ligne de compte, la somme des profits réalisés par la conversion des fourrages en travail utile, lait ou graisse, est loin d'atteindre par hectare le chiffre exprimé plus haut.

5° Commerce des fourrages

Les transactions importantes sont aux mains de gros commissionnaires qui parcourent les fermes, agglomèrent, en des points désignés, la fourniture de tout un canton. Ils sont les rois du marché et rarement l'agriculteur peut entrer en concurrence avec eux : les dernières expériences tentées à Epinal et ailleurs en vue d'approvisionner les magasins généraux, l'ont surabondamment prouvé. Les débouchés ne manqueraient certes pas à ce produit du sol vosgien, la demande dépasse toujours l'offre. Il suffirait pour cela comme pour le blé d'une association des producteurs capable de traiter directement avec l'administration.

6° Conséquences

Des nombreuses analyses faites par M. Boitel sur la composition botanique des fourrages vosgiens, il ressort très nettement qu'ils contiennent une faible proportion de légumineuses.

Assurément, le milieu n'est pas propice, à l'heure présente, à cette catégorie de plantes si éminemment utiles pour donner à l'aliment sa plus forte valeur nutritive. Bien plus, parmi les graminées elles-mêmes, se produit une sorte de sélection à rebours, qui amène la disparition lente des espèces les plus appréciées pour ne laisser que des canches ou des

agrostis, quand les plantes diverses, moins exigeantes encore en principes fertilisants, ne viennent pas à prendre un développement excessif.

Les prairies bien entretenues échappent cependant à cette préjudiciable alternance de la flore. Si les proportions des plantes changent, les espèces varient également, car toutes étant spontanées sur le sol vosgien, leur permanence ou leur disparition sont soumises aux lois de la physiologie végétale; la valeur intrinsèque du produit n'est pas sensiblement altérée à la condition qu'une surveillance attentive s'exerce sur l'ensemble de ces modifications incessantes.

V

L'amélioration des prairies vosgiennes

Au cours de cette étude sur la « forme » actuelle des prairies de fauche dans la Montagne et dans la Vôge, l'on a pu constater combien ce précieux facteur de prospérité devenait aléatoire lorsque toutes les actions naturelles mises en œuvre n'étaient pas absolument concordantes : le moindre oubli, le plus petit écart se traduisent immédiatement par des pertes énormes. Si l'attention soutenue des exploitants n'avait souvent paré au danger toujours présent, il n'y aurait plus dans les Vosges que des surfaces improductives au lieu de cette herbe abondante dont la verdure vient égayer si heureusement la tonalité sombre des forêts de la montagne.

Est-ce à dire que tout est pour le mieux? La production fourragère est-elle arrivée à un maximum durable? Toutes choses égales d'ailleurs, doit-on se borner au maintien des méthodes de culture actuelles comme étant les mieux adaptées au climat?

S'il est une science mobile à l'excès, toujours perfectible,

c'est bien la science agronomique. L'observation et l'expérience accumulent leurs données et précisent la marche de phénomènes intimes jadis inaccessibles. C'est ainsi que le sol est devenu cette substance grouillante de vie, en pleine fermentation, siège de réactions innombrables dont l'homme règle à son gré l'ampleur et la durée qu'une conception récente oppose à la masse inerte d'autrefois. Sur les prairies comme sur les terres arables, la science étend son domaine, rejette dans l'oubli les méthodes surannées, les pratiques défectueuses, continuant en cela son action bienfaisante, son rôle séculaire de collaboratrice de l'humanité.

Un progrès considérable peut naître dans nos Vosges d'une application judicieuse des notions scientifiques nouvelles. Si, de prime abord, l'état actuel des prairies paraît satisfaisant, si la nature propice semble se faire la complice de l'homme pour dissimuler les fissures profondes de la « façade », le mal, pour être latent, n'existe pas moins : un jour viendra, éloigné encore, où l'on s'apercevra que tout s'est écroulé. Sur les ruines des prés vosgiens, l'imprévoyance et l'impéritie des empiriques auront posé leurs stigmates. Souvent, je me suis enorgueilli de cette richesse toujours renouvelée qu'est pour notre cher département la prairie naturelle. J'en ai décrit les divers caractères, fait ressortir la valeur, escompté les produits ; jusqu'à ce jour, le magnifique labeur des irrigateurs vosgiens a paru défier l'action dissolvante des ans et cacher sous son apparente verdeur les inéluctables lézardes.

Qu'à l'heure présente, tout justifie encore le jugement très favorable qu'ont porté tant d'hommes éminents sur l'ensemble des prairies vosgiennes, nul ne le nie, mais il n'en est pas moins certain qu'un danger réel existe dont les symptômes se font de jour en jour plus nombreux. A coup sûr, rien n'est désespéré, la réputation d'habileté du paysan reste intacte, et, si je me permets d'indiquer les améliorations désirables, ce n'est pas tant par crainte d'accidents possibles que pour

chercher, en toutes choses, la perfectibilité compatible avec les inŋuences ambiantes.

Ces améliorations sont peu nombreuses, les unes portent sur la pratique des irrigations proprement dites, les autres sont de portée plus haute, et s'adressent, non au sol, mais à l'homme, en vue de simplifier par une mutualité bien comprise les conditions de la production.

Améliorations générales

1° Dans l'emploi des eaux

Telle qu'on l'applique aux prairies, la méthode de culture actuelle est celle qui convient le mieux à la nature perméable du sol, à l'hydrographie et à la climatologie vosgiennes. Le déversement bien compris est le seul mode d'irrigation compatible avec la faible richesse des eaux et le relief du terrain. Sur le système lui-même tel qu'il a été décrit, aucune critique sérieuse n'est à faire ; les quelques points de détail défectueux qui peuvent être signalés n'ont qu'une importance secondaire.

Il n'en est plus de même quand on envisage les effets produits sur les prés, par son emploi trop exclusif. La grosse erreur du paysan vosgien est, à mon sens, l'absence complète de soins culturaux en dehors de l'irrigation. Pour que celle-ci produise son maximum d'effet utile ou nuisible, suivant les cas, rien n'est négligé mais à cela seulement se bornent les compensations fournies au sol pour les 100 kil. d'azote, 29 kil. d'acide phosphorique, 108 kil. de potasse qu'enlève au sol une récolte moyenne annuelle de 6.800 kil. de foin (d'après Schulze-Lupitz). Je me suis élevé contre cette pratique intempestive qui consiste à répandre sur les prés du fumier frais ou décomposé. Les raisons en sont, on l'a vu, nombreuses. Tous les expérimentateurs sont d'accord

pour nier la nécessité des fumures azotées mises en couverture sur les prairies, un sol gazonné acquérant toujours de lui-même assez d'azote. (Lawes, Dehérain, A. Grete, etc...) Une autre critique a été faite également contre l'usage abusif des arrosages d'hiver. J'ai essayé de prouver combien leur emploi présentait d'aléas, comparativement au bénéfice qui en résulte pour la prairie. S'il était possible de donner des règles fixes s'appliquant à tous les cas particuliers, d'indiquer dans une formule d'ensemble, logique et conforme aux données récentes de la science agronomique, toutes les conditions d'une production avantageuses, les irrigations annuelles devraient comprendre deux périodes : les arrosages de printemps et ceux d'automne.

a) DES ARROSAGES DE PRINTEMPS

Suivant le professeur Kœnig (1), les substances dissoutes dans les eaux ont d'autant plus de valeur fertilisantes qu'elles sont mises plus directement en contact avec le système radiculaire végétatif, sans passer par le pouvoir absorbant du sol.

C'est au printemps que se manifeste le mieux cette diminution du taux de matériaux solubles dans l'eau de drainage et que paraissent plus actifs, les « phénomènes respiratoires » du sol, consécutifs de l'oxydation plus complète de la matière organique.

A ce double point de vue, les irrigations de printemps sont très recommandables, quelles que soient les quantités d'eau employées à l'hectare, pourvu que les colatures soient en mesure d'assainir rapidement la surface. A côté de ce rôle actif qu'elles jouent dans la nutrition des plantes, elles exercent une influence bienfaisante sur les pousses jeunes et vertes qu'elles protègent contre le rayonnement et les gelées blanches. D'après les instructions techniques de Dünkelberg, à l'usage des techniciens allemands (Wiesen-

(1) Voir sur ce point le remarquable rapport de M. Faure, publié dans les *Annales de l'Institut agronomique*, t. XV.

baumeister) il est bon, par un temps clair, de n'irriguer que la nuit ou aux premières heures du jour, car l'eau qui a une chaleur spécifique considérable est lente à s'échauffer et retarde la végétation. S'il se produit un abaissement brusque de température, le maintien de l'eau pendant deux ou trois jours sur la prairie est une précaution indispensable, basée sur la lenteur avec laquelle l'eau se met en équilibre de température avec l'air : un séjour plus prolongé à cette époque nuirait aux espèces utiles.

b) DES ARROSAGES D'AUTOMNE

A l'automne, commencer les irrigations au 25 septembre et partager la prairie en autant de lots que comporte, à ce moment, le débit des canaux d'amenée. Sur chacun de ces lots, maintenir pendant huit ou dix jours un déversement continu après lequel pourra s'effectuer l'égouttage. A cause de la perméabilité du sol, cet assainissement ne durera que trois ou quatre jours et jusqu'à l'arrivée des grands froids on pourra faire alterner, sur toute la surface, ces périodes successives d'arrcsage et d'assèchement.

Les premières gelées font leur apparition fin novembre. A ce moment, la surface du pré doit être complètement ressuyée, et la vigueur des plantes, visible à l'aspect vert des touffes, leur permettra de résister plus efficacement aux températures critiques de l'hiver, tout en gardant, pour la reprise de la végétation, une avance sensible.

A supposer même que la somme totale des volumes d'eau ainsi distribuée soit diminuée de moitié, par rapport aux évaluations contenues dans l'étude de M. H. Mangon, le profit réalisé n'en sera pas moins supérieur par suite de la meilleure utilisation des ressources offertes au sol et aux plantes. Le premier, en effet, s'est trouvé diminué dans sa richesse par suite des récoltes mais son pouvoir absorbant devenu plus actif s'exercera plus avidement sur les matières fertilisantes et rétablira bientôt l'équilibre.

Les seconds ont, au printemps, tout leur système radiculaire en pleine turgescence; les cellules viennent puiser dans l'arrosage les éléments solubilisés immédiatement assimilables.

En été, avant et après la fauchaison, ne pas faire ruisseler l'eau sur la prairie, mais seulement remplir les rigoles et laisser à l'infiltration subséquente le soin d'aller compenser les pertes dues à l'évaporation. Cette humidité combinée à l'action du soleil doit stimuler la première pousse du regain et lui permettre de supporter plus aisément les effets de la sécheresse trop fréquente à cette époque. Pour que cette infiltration produise son plein effet, il est nécessaire que les rigoles grandes et petites soient débarrassées de toute leur végétation adventive.

2° Dans l'emploi des engrais chimiques

L'abus trop longtemps prolongé des eaux d'arrosage, au lieu d'être profitable à la prairie comme on a pu le croire, entraîne son affaiblissement progressif: sa valeur diminue en même temps que disparaissent les bases indispensables à la fixation des principes utiles ; une certaine acidité se manifeste que la flore enregistre immédiatement le mal est souvent plus grand qu'il ne paraît. En supprimant les irrigations hivernales, on supprime la cause dominante de cet affaiblissement déjà évident en trop de points, surtout dans la montagne. A coup sûr la distribution des eaux telle que nous la concevons, n'a pas la prétention de suffire par elle-même à tous les besoins des plantes. En combattant l'usage du fumier en tant qu'engrais de couverture, et l'emploi exclusif de l'eau comme agent de fertilisation, limitant à cent litres par hectare et par seconde les quantités d'eau employées aux arrosages, au lieu des 250 très couramment utilisés ; en fixant l'automne et surtout le printemps comme époques particulièrement favorables nous avons voulu mettre à côté des erreurs commises le remède approprié ; il nous reste à mon-

trer de quel secours serait l'emploi judicieux des engrais phosphatés et potassiques mis actuellement, sous tant de formes, à la disposition des cultivateurs.

C'est à ces sources nouvelles, à leur étroite union avec l'irrigation qu'il faut demander la régénération complète des surfaces enherbées, le renouvellement de leur puissance productrice.

a) ENGRAIS PHOSPHATÉS

Un élément indispensable à la végétation, tant par son influence sur la teneur en protéine des fourrages que par son action sur l'ensemble des formes et du squelette des animaux manque à la fois au sol et à l'eau des prairies vosgiennes. C'est l'acide phosphorique.

Partout dans la Montagne comme dans la Vôge, la quantité insuffisante de ce principe favorise le développement excessif des graminées au détriment des légumineuses qui. dans un fourrage bien constitué entrent normalement.

L'importance trop longtemps méconnue de la valeur nutritive des foins, les exigences de l'alimentation rationnelle du bétail sont nettement établies de nos jours et la nécessité d'augmenter la teneur des fourrages vosgiens en « matière phosphatée » (suivant l'expression de M. Grandeau) justifie ce débat dans lequel nous allons apporter notre modeste opinion.

Trois combinaisons de l'acide phosphorique peuvent être utilement employées sur les prairies de vallée et de montagne :

Les phosphates naturels ;
Les scories de déphosphoration ;
Les superphosphates.

I. Phosphates naturels

Sous la forme de phosphates en nodules ou d'apatite pulvérisés, l'acide phosphorique se solubilise lentement, c'est à peine si les sucs acides des racines peuvent en mobiliser suffisamment pour les premiers besoins de la végétation. Il est nécessaire d'en mettre au moins 1.200 kilogs à l'hectare pour obtenir une amélioration sensible, plus durable qu'apparente. Toutes les prairies anciennes contiennent une forte réserve de matière organique souvent non saturée de calcaire puisque cet élément se trouve parmi ceux dont les sols granitiques sont le plus ordinairement dépourvus. Une partie de ces acides humiques libres s'unit aux bases du phosphate naturel et l'assimilabilité de celui-ci augmente.

M. Grandeau a montré, en effet, que les composés humiques absorbaient l'acide phosphorique et le retenaient énergiquement tant que les racines des plantes, véritables surfaces dialysantes ne venaient pas le soustraire aux corps bruns (1).

Il en résulte que toute prairie, fût-elle même dans de bonnes conditions de productivité ne peut que profiter d'un amendement phosphaté : l'effet en sera constant et durable. Mais il ne faut pas oublier que la dose nécessaire est considérable et que l'importance de la valeur vénale du kilogramme d'acide phosphorique incorporé doit entrer en ligne de compte. *1.200* kgs sont utiles comme fumure de fonds puis l'apport annuel peut varier entre *200 à 300* kgs à l'hectare jusqu'à production d'un changement réel dans la composition du fourrage.

(1) MM. Verdeil et Risler ont déjà signalé en 1853. (Comptes rendus de l'Académie des sciences) l'influence que les substances organiques du sol exercent sur la solubilité des phosphates. M. Risler a repris la question en 1858 (Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève) et montré que les plantes absorbent à la fois, la matière organique dissoute et l'acide phosphorique. M. Pétermann est du même avis.

Le rôle des phosphates comme amendement calcaire des prairies est insignifiant; leur chaux étant en combinaisons stables, dont l'action sur la matière organique est très limitée, masquée d'ailleurs par la dissolution du sel neutre $(PO^4)^2Ca^3$, sous les influences combinées de l'acide humique libre et de l'acide carbonique.

II. Superphosphates

A première vue, l'emploi du supersphosphate comme engrais phosphaté paraît être une erreur, l'acidité de cet engrais venant s'ajouter à celle d'un sol naturellement pauvre en calcaire. Mais il ne faut pas oublier quel rôle considérable joue la constitution physique du terrain dans l'assimilation de l'acide phosphorique. Sur les prairies de vallée comme celles de la Moselle à l'amont d'Epinal, formées par des débris de gneiss mélangés à de la matière noire, les superphosphates unis à la kaïnite pourraient donner des résultats appréciables. Dans des sols analogues, M. Barth (cité par L. Faure loc. cit. p. 423) obtenait un excédent moyen de 2.225 kgs de foin sec à l'hectare sur le rendement d'une parcelle traitée aux scories seules (1).

Des expériences sérieuses permettraient d'éclairer la question et de préciser la limite d'action des superphosphates comme amendement des prairies actuelles, comparativement à celle des scories et des phosphates naturels. Jusqu'à plus ample informé, nous conseillons dans la grande majorité des cas, la scorie de déphosphoration comme étant le meilleur amendement phosphaté, le mieux adapté aux besoins immédiats de nos Vosges.

(1) M. Zacharewiecz est arrivé aux mêmes résultats à Montfavet (Vaucluse). La parcelle traitée au superphosphate (500 kgs) accuse une plus value de 111 fr. 20 sur le témoin.

III. — Scories de déphosphoration

L'emploi de cette précieuse substance s'est généralisé à un tel point que l'arrondissement de Saint-Dié seul, consacre deux milles tonnes à cet usage. Ce chiffre, dû sans doute aux efforts persistants du Syndicat local, est loin d'être atteint dans la basse vallée de la Moselle, mais les résultats avantageux obtenus à l'heure actuelle ne peuvent manquer d'influer sur l'accroissement rapide de la consommation. En effet, la chaux et l'acide phosphorique se trouvent dans les scories sous des formes spéciales. La combinaison de ce dernier avec quatre atomes divalents de calcium $(PO^4)^4 Ca^4$ ne se rencontre que là et sa faculté de diffusion est telle que les racines paraissent l'absorber directement sans lui faire subir aucune transformation chimique. La silice et la chaux qui constituent à peu près 40-45 o/o de la masse, dont un quart environ à l'état libre, n'ont, par elles-mêmes, qu'une action restreinte sur la fertilisation des prairies. Toutefois, dans les portions tourbeuses ou marécageuses, la chaux des scories se trouvant à l'état de chaux vive ou de silicate, peut agir plus vite que sous forme de carbonate et concourt dans une certaine mesure à l'amélioration foncière.

Dans beaucoup de cas, même dans les sols pauvres en calcaire, comme ceux des régions granitiques, c'est à l'acide phosphorique seul qu'il faut attribuer les récoltes doubles, triples même que l'on a constatées. Cela est d'autant plus vrai que la scorie ne produit aucun effet appréciable dans les sols normalement pourvus d'acide phosphorique.

Voici quelques résultats d'expériences exécutées par M. Grandeau, dans les prairies de l'Ecole de Tomblaine (Meurthe-et-Moselle), qui prouvent la haute valeur fertilisante des scories.

I. — 1888. La parcelle produit 8.000 kilogr. de foin sec.

On ajoute en couverture, à l'hiver, 600 kilogr. scories

à 18 o/o $P^2 O^5$ total, et à 75 o/o de finesse. La récolte en 1889 a été de 25.000 kilogr., soit un excédent de :

25.000 — 8.000 = 17.000 kilogr.

Ou en argent, à l'hectare, 446.50 — 114.80 =	331.70
A déduire, à l'hectare, frais et engrais......	45.75
Bénéfice net à l'hectare pour 1889...........	285.95
En 1900, 400 kilogr. scories et 600 kilogr. kaïnite ont encore donné une plus-value estimée à.....................................	405.70
Soit par rapport à 1889 un bénéfice de : 405.70 — 285.95 =	119.75

De plus, le foin récolté contenait quelques légumineuses, trèfle, vesces, etc. La coupe des regains a fourni un tiers en plus avec moins de mauvaises herbes, les mousses avaient complètement disparu de la surface du pré.

II. — Une prairie de Saint-Dié donnait, en 1898 : 5.286 kilogrammes de foin. On lui applique 600 kilogrammes de scories à 18 o/o. Le rendement de 1899 atteint 7.143 kilogrammes, soit un excédent de 1.857 kilogrammes ou à l'hectare 257 kilogrammes 81.

En 1900, après avoir reçu 400 kilogrammes de scories et 600 kilogrammes de kaïnite, la prairie donne 7.714 kilogrammes, soit un excédent moyen de 263 kilogrammes en 1898.

III. — En 1897, M. Augé, à Saint-Germain-Beaupré (Creuse) obtenait les résultats suivants :

1.333 kilogrammes scories 15 o/o donnaient une plus-value de 2.517 kilogrammes sur le témoin. La récolte totale atteignait 4.517 kilogrammes de foin sec à l'hectare.

1.333 kilogrammes de superphosphates 13-15 o/o donnaient seulement un excédent de 1.230 kilogrammes.

IV. — M. Taillandier Saint-René, à Saillade (Bouches-du-Rhône).

1.200 kilogrammes de scories donnent 6.450 kilogrammes de foin.

1.200 kilogrammes de superphosphate donnent 5.400 kilogrammes de foin.

V. — On peut rapprocher de ces résultats ceux obtenus par M. Bourgne, à Epaignes (Eure), qui montrent la supériorité des scories sur les phosphates, en ce qui concerne la flore.

Composition botanique 0/0		Scories	Phosphates naturels	Témoin
Légumineuses	2 ans après la fumure à 800 k scories, 800 k phosphates	34 00	21 00	10 5
Graminées		63 00	69 00	62 00
Cypéracées		1 00	1 00	2 00
Joncées		0 3	4 5	12 00
Renonculacées		1 00	2 5	6 5
Plantes diverses		0 7	2 00	9 00

A tous ces avantages, l'on peut joindre la facilité de l'épandage, qui, en n'importe quelle saison, peut se faire sans nuire à la prairie et sans pertes sensibles. Les mois de janvier et de février sont néanmoins préférables. L'effet utile des scories se manifeste d'une manière apparente pendant six ans. M. E. Mer cite le cas d'une parcelle où le trèfle, apparu à la suite d'une fumure de ce genre, persista pendant huit années. De ce que les scories apportent au fourrage l'acide phosphorique sous une forme évidemment favorable à l'absorption immédiate, et que toute addition de cet élément est avantageuse, même dans les prairies les mieux irriguées, il ne faut pas conclure que les effets seront d'autant plus marqués que la dose d'engrais employée sera plus considérable.

Autrefois, l'on conseillait de mettre 1000 kilogrammes de scories à l'hectare la première année, 600 kilogrammes les années suivantes. C'était une mauvaise opération économique, que l'amendement soit seul ou mélangé à la kaïnite, dans des proportions identiques (1.200 kilogrammes la première année, 600 les suivantes).

Doses à l'hectare

Si l'on prend en effet, 0,65 o/o comme taux moyen de l'acide phosphorique dans les fourrages vosgiens constitués en grande partie par des graminées, la récolte annuelle que nous avons évaluée à 6.800 kgs regain compris, enlève à la prairie $\frac{6.800 \times 0.65}{100} = 44$ kgs 200 P^2O^5. Or cette quantité est contenue dans 300 kgs de scories à 16 o/o d'acide phosphorique total. Donc en année ordinaire et en tenant compte des pertes *400* kgs d'engrais de titrage moyen suffiront à compenser cette exportation.

Au début, comme ce principe utile est imparfaitement réparti dans le sol, une notable partie échappe à l'absorption car les radicelles ne viennent pas au contact. Il est bon d'assurer un stock disponible en forçant la dose précédente; on pourra mettre 500 kgs à l'hectare. Toute augmentation de ces chiffres constituera une immobilisation de capital que le cultivateur a intérêt à éviter. M. Fleischer (cité par L. Faure p. 224) (1), prétend même qu'avec 250 kgs on obtient le plus grand effet possible.

La potasse employée couramment avec les scories ne peut être réduite. Le taux annuel de cette fumure oscillera entre 600 et 1000 kgs dans les conditions ordinaires, mais dans les Vosges, il n'est pas indispensable d'utiliser le mélange phospho-potassique, l'usage de la scorie seule constituant déjà un notable progrès (2).

b) ENGRAIS POTASSIQUES

Si le mélange de sel potassique avec la scorie favorise la nitrification, si les expériences de Schultz à Dromling prouvent la valeur de la kaïnite en sol tourbeux, il n'est pas

(1) Tome XV, *Annales de l'I. N. A.*

(2) Si les scories sont répandues en même temps que la kaïnite, il est bon de préparer le mélange immédiatement avant l'opération, pour qu'il ne se « pelote pas par contact ».

certain que les engrais de cette catégorie employés seuls dans les Vosges puissent donner des résultats immédiats. On admet actuellement que les sels de potasse n'agissent pas sur l'azote organique inerte des prairies tant que celui-ci n'arrive pas à 8 ou 10 o/o. Abstraction faite des surfaces forestières ou des tourbières combien de prairies de vallée ne possèdent pas cette richesse azotée !

Doit-on dans le seul but de mobiliser une plus grande quantité de nitrates assimilables chercher à enrichir les prairies par des matières organiques pour arriver à cette teneur de 8 o/o considérée comme étant la limite inférieure d'action des engrais potassiques ? Non, assurément, car cela compliquerait le problème au lieu de le simplifier.

Cette conclusion s'applique à la majorité des cas étant données la quantité à peu près suffisante de potasse contenue dans les sols enherbés et leur proportion moyenne d'azote combiné (4-6 o/o). Mais elle se trouve contredite par les expériences lorsque l'humidité du sol et la surabondance de la matière organique ont changé les termes du rapport $\frac{\mathrm{Az}}{\mathrm{KoH}} \left(\frac{Azote}{Potasse}\right)$. Dans un sol normal de prairie, comme le sont ceux des Vosges on a

$$1 < \frac{\mathrm{Az}}{\mathrm{KoH}} \leq 2 \quad (a)$$

En sol tourbeux comme à Longemer on a $\frac{\mathrm{Az}}{\mathrm{KoH}} = \frac{2.130}{0.054} = 39$, et l'on peut écrire pour tous les prés de cette classe

$$21 < \frac{\mathrm{Az}}{\mathrm{KoH}} \leq 40 \quad (b)$$

On le voit, la différence est sensible. Or les ferments nitrificateurs se développent normalement dans ces prairies marécageuses, puisque des sels ammoniacaux, incorporés aux tourbes sont nitrifiés en moins d'un mois. Il s'agit, par

conséquent, de transformer l'humus inerte des couches superficielles en composés amoniacaux pour que la décomposition ait lieu. Le carbonate de potasse (CO^3K^2) est un puissant dissolvant de la matière organique; il favorise l'ammonisation de l'azote et toute matière renfermant cet élément ou pouvant le fournir par double décomposition comblera le déficit en potasse active, des sols tourbeux et placera les ferments ammoniacaux dans de meilleures conditions.

c) LES CENDRES LESSIVÉES OU CHARRÉES

C'est précisément par cet élément qu'agissait un amendement, longtemps en honneur dans les Vosges, la « cendre de bois lessivée ou charrée ». Aussi bien, l'usage prolongé de cet engrais lui donne droit de cité : malgré son prix de revient et les falsifications nombreuses dont il est l'objet, l'engouement persiste et tout essai de réaction semble, de nos jours même, très difficile.

Dans les Hautes-Vosges surtout, existe un ensemble de prairies où le sol végétal, de faible épaisseur repose directement sur la tourbe plus ou moins décomposée qui lui donne sa forte coloration noire. L'azote, sous forme de combinaison et d'acides ulmiques libres, atteint 8,90 o/o. La basse température de pareilles surfaces, consécutive de leur humidité sous-jacente et de la rigueur du climat rend inutile l'emploi de la chaux, carbonatée ou non. (Joulie, *Production Fourragère par les Engrais*, p. 270.)

C'est là que les cendres de bois, agissent le plus efficacement et par le carbonate de potasse qu'elles renferment, dont nous venons de voir l'action avantageuse sur l'ammonisation de l'humus, et par les bases qu'elles présentent aux acides libres. Le milieu devient alcalin, les trèfles blanc et violet apparaissent par touffes avec une rapidité surprenante, attribuable sans doute à la facile diffusion des sels de potasse et de chaux.

Ni la kaïnite, ni le chlorure de potassium ne donnent, en

pareils terrains, des résultats comparables. Malheureusement, l'action des cendres s'épuise vite, leur composition varie à l'infini, nulle substance agricole n'étant plus souvent fraudée. On ne saurait en recommander l'emploi ailleurs que dans ces situations exceptionnelles où, pour 1.200 kilogrammes, coûtant 70 francs, l'on peut fournir au sol, suivant MM. Müntz et Girard, 125 kilogrammes de potasse, 300 kilogrammes de chaux et 36 kilogrammes d'acide phosphorique.

Dans ces prairies tourbeuses, la scorie seule ou en mélange avec la kaïnite n'exerce aucune influence appréciable, car c'est du manque de potasse surtout que vient leur infécondité.

En affirmant la supériorité des phosphates et scories sur l'ancienne charrée, tant au point de vue économique qu'au point de vue de la valeur fertilisante, M. Risler a, le premier, montré aux Vosgiens le moyen d'atténuer, sur leurs prairies, le défaut capital des eaux qu'ils emploient : l'absence d'éléments phosphatés. Il convient de remarquer, cependant, qu'en certains cas, les cendres lessivées donnent de meilleurs résultats que les phosphates naturels. Partout où le sol tourbeux, humide, froid, contiendra plus de 8 o/o d'azote combiné ou non, son action sera favorable, supérieure, en tous cas, à celle de la chaux dont l'emploi, sur les prairies est trop délicat. Les situations auxquelles je fais allusion abondent dans les Vosges; Longemer, Uzéfaing, Géroménil, Guménil, Bellefontaine, etc., etc., dans les clairières de forêts et les vallons marécageux. Au dessous de 8 o/o d'azote, rechercher les scories.

d) FORMES DE L'ÉPANDAGE

Que l'on s'arrête aux phosphates naturels, aux scories ou aux cendres, l'épandage de l'engrais peut avoir lieu au printemps ou à l'automne indifféremment, mais lorsque la prairie est encore humide des eaux d'arrosage. Si on fait la distri-

bution par une pluie fine, les résultats obtenus sont excellents, surtout si l'on emploie les petites brouettes épandeuses d'engrais que le commerce fournit à des prix abordables.

L'irrigation doit être suspendue pendant dix, douze jours, un peu moins si le temps est sec, afin que la poussière d'engrais arrive au collet des racines. La quantité d'eau employée sera strictement limitée pour qu'il n'y ait pas d'entraînement mécanique dans les colateurs. Le pouvoir absorbant agit sur l'acide phosphorique aussitôt qu'il y a contact intime; il faut donc que ce contact s'établisse progressivement afin d'éviter que la partie soluble de l'acide, si faible soit-elle, ne disparaisse à jamais.

On voit souvent dans les Vosges les égouts des fermes, les eaux féculentes envoyés sur les prairies où sont arrêtés les principes solubilisés ; il est plus rare de voir les cultivateurs utiliser les engrais commerciaux sous cette forme liquide, très avantageuse du reste, quand la végétation a une activité suffisante pour extraire des sucs ainsi offerts tous leurs éléments fertilisants.

Les nitrates et les superphosphates seuls pourraient prendre cette forme soluble; on les emploie peu dans les prairies de fauche de la région, mais il tombe sous le sens que les eaux chargées de matières dissoutes échappent aux règles précédemment émises sur la pratique des arrosages. Elles doivent être reprises aux colateurs jusqu'à complet épuisement.

S'il est vrai que l'azote organique n'est jamais trop abondant quand la dose de potasse et de chaux mise à la disposition des organismes nitrificateurs, soit par l'homme, soit par la nature, est convenable, il n'importe pas tant pour les Vosges d'augmenter la richesse azotée du sol que de mettre ce stock depuis si longtemps accumulé en état de produire intérêt. Dans presque toutes les situations, la scorie sera préférable à la chaux pour cette destination, préférable également aux coprolithes pulvérisés, à la condition qu'elle dose 16-18 o/o d'acide phosphorique total et présente une finesse

de 75-92 o/o évaluée au tamis de o m/m 17, qu'elle soit employée seule ou en mélange avec la kaïnite dans la proportion précédemment indiquée ; c'est elle qui fournira le plus économiquement le kilogramme d'acide phosphorique.

En quelques situations privilégiées, faciles à discerner, l'avantage sera dans l'emploi des cendres lessivées qui, nous l'avons vu, exercent une heureuse influence sur la solubilisation des aliments de réserve en certains sols.

De très utiles et très intéressantes expériences pourraient être faites sur la valeur comparée des diverses fumures applicables aux prairies. Alors que tous les engrais commerciaux ont une action bien nette, lorsqu'ils sont incorporés dans certaines conditions à la terre arable, ceux d'entre eux dont l'emploi en couverture sur les surfaces enherbées, peut être avantageux ont été l'objet de trop peu d'études ; une demi obscurité règne sur la question, en raison même de la diversité des résultats obtenus. Peut-être la défiance où l'on tient le superphosphate, la faveur extrême dont jouit la scorie (à laquelle j'applaudis), l'indifférence complète vis-à-vis des engrais potassiques, sont-elles éloignées l'une et l'autre d'un juste milieu qu'une expérience plus nette pourrait nous aider à établir si leur action dans les diverses situations des Vosges était davantage précisée.

Améliorations secondaires

1° Hersages de printemps

A ces améliorations d'ordre général, désirables parce que l'avenir même des prairies dépend de leur mise en œuvre, il est bon de joindre, ne fût-ce que pour mémoire, la pratique des hersages de printemps, trop souvent négligée ou réservée exclusivement aux prairies marécageuses. L'aération superficielle ainsi provoquée est une excellente méthode qui amé-

liore le fourrage en détruisant mécaniquement nombre d'espèces mal enracinées, et mélangeant d'une manière plus intime avec le sol les engrais que l'on répand à cette époque. Toutes autres méthodes de régénération perdront leur valeur si l'on combine l'amélioration technique des irrigations, le souci d'aérer le sol en surface, à l'emploi intelligent des engrais chimiques qui détruisent les plantes nuisibles et orientent la fécondité et les ressources naturelles des prairies vosgiennes vers un maximum d'effet utile.

2° Protection des Rives

Il est bien rare qu'une prairie de vallée ne soit submergée à un moment donné par une crue de la rivière voisine. Le régime torrentiel des cours d'eau et les irrégularités de débit qui en résultent, sont des causes d'affouillements et d'érosions fréquentes, toujours dangereuses pour les riverains. Bien des surfaces demeurent stériles à la suite d'une inondation, car la terre végétale est emportée ou recouverte d'une épaisse couche de galets et de débris. A chaque crue, la rivière se trace un nouveau lit, élargissant ainsi son emprise et continuant son œuvre de destruction. Les berges naturelles d'une hauteur suffisante pour protéger les terres se corrodent dans les coudes concaves, en raison de la force centrifuge des eaux, qui en arrachent certains matériaux pour les déposer ensuite sur la rive opposée, dans les points les plus bas.

C'est contre ces érosions, cause de tout le mal, qu'il faut employer des remèdes énergiques.

MOYENS DE DÉFENSE

I. — Au dessous du nouveau moyen des eaux d'été, on peut établir sur la rive menacée une ligne de pieux reliés de 60 centimètres en 60 centimètres par un clayonnage. Le bois employé peut être du saule, de l'aulne ou du chêne, toutes essences résistant à l'eau. En arrière, on projette du fort

gravier surmonté d'un radier en pierres sèches incliné de 30° environ sur l'horizontale.

II. — Si à l'étiage, la prairie se trouve de niveau avec le revêtement précédent, on incline les talus faiblement pour que l'action érosive des eaux ne se produise pas (15° environ) et on les engazonne au moyen de plaques découpées comme cela se passe sur les remblais de chemin de fer. Ces bords présentent un autre avantage, celui de produire une certaine quantité de fourrage, quand les crues ne les ont pas souillés avant la récolte.

III. — En vallée large, il suffit d'enfoncer dans la berge des vergettes d'osier fraîchement découpées dans du bois de deux ans, que l'on enroule autour de piquets de bois vert, faisant fonction de tuteurs. Ces osiers sont bientôt enracinés et par des tailles appropriées il est facile de maintenir ces défenses à l'état de buisson.

Mais lorsque les flancs de la vallée sont trop abrupts, les coudes fortement accentués, ce revêtement serait par trop insuffisant. On emploie, dans ce cas, les « épis plongeants », un peu inclinés vers l'amont, et enracinés à la rive insubmersible au dessus du niveau des hautes eaux.

CONFECTION DES ÉPIS PLONGEANTS

Chacun d'eux forme avec la direction du courant un angle de 70° environ ; leur longueur est variable, car on doit toujours assurer une liaison intime avec la rive à laquelle ils sont acculés. Un épi est constitué par un *coffrage* en clayonnage rempli de galets extraits du lit du cours d'eau et assez gros pour ne pouvoir passer à travers les mailles. Leur surface plane supérieure, peut être inclinée afin de pouvoir se raccorder sans à-coup avec la rive endommagée ; des moëllons dégrossis la recouvrent. A l'aval, on accumule des blocs de rochers pour former des talus à l'abri des érosions. Il est facile de planter de chaque côté des pilotis, de jeunes acacias ou des boutures de saule, qui provoquent des atter-

rissements et consolident les dépôts nouvellement formés. Cette végétation empêche les désastres qui peuvent résulter de la pourriture et de la disparition de la charpente de l'épi.

PRIX DE REVIENT

Le côté économique de la question est extrêmement variable, suivant l'abondance ou la rareté des fascines, des moellons, la nature du terrain, et la vitesse du courant. On peut estimer cependant à 2 fr. 25, le mètre carré de revêtement en moellons, quand la carrière est à proximité :

0^{m3} 400 de moellons à pied d'œuvre....	1 fr. 25	2 fr. 25
Mise en place et damage..............	1 — »	

Le mètre courant de pilotis, avec clayonnage en bois d'aulne ou de saule, vaut à peu près 0 fr. 75, s'ils comprend deux pieux.

2 pieux à 0 fr. 15	0 30	0 fr. 75
Battage et mise en place (2 fr. 50 par jour d'ouvrier)....	0 20	
Clayonnage et fouilles —	0 25	

On évaluerait sur ces bases, le prix de revient d'un épi tout entier, y compris les matériaux de remplissage (d'après P. Levy-Salvador. *Hydraulique agricole*. Vve Dunod et Cie).

Ces travaux, pour simples qu'ils paraissent, demandent beaucoup de soins ; ils sont beaucoup moins coûteux quand les intéressés se mettent eux-mêmes à la besogne et s'unissent pour une œuvre de défense commune. C'est dans des cas semblables qu'une solidarité efficace réalise des merveilles. En beaucoup de points de nos Vosges, on pourrait, par ces moyens simples, ces constructions rudimentaires, régulariser la marche des cours d'eau, et assurer à leur bassin tout entier une sécurité et une prospérité depuis longtemps inconnues.

La rivière, domptée par le travail ingénieux de l'homme,

deviendrait un agent docile entre les mains des populations qu'un intérêt commun aurait réussi à solidariser.

J'avoue que l'initiative individuelle peut rester impuissante à exécuter des travaux de ce genre ; c'est une raison de plus pour abdiquer les passions mesquines, les basses rivalités dont nos campagnes sont trop souvent le théâtre, et faire œuvre de mutualité et de science.

Les Irrigations et les Associations Syndicales

Aucun de ces perfectionnements culturaux, dont l'emploi est devenu courant dans nombre d'exploitations vosgiennes quand il s'agit d'améliorer les terres arables, n'exige de capitaux considérables : la bonne volonté de chacun, guidée par les conseils éclairés des personnes compétentes, suffit à leur faire acquérir droit de cité. S'il a fallu, il y a quelque vingt ans, réformer complètement les idées agricoles pour faire place aux théories nouvelles, un grand pas a été franchi depuis cette époque ; l'essor qu'a pris, dans nos Vosges, la méthode expérimentale appliquée aux cultures, permet d'augurer favorablement de l'avenir.

Le splendide élan de solidarité humaine, qui a caractérisé le siècle disparu, a étendu son action bienfaisante sur toutes les formes de l'énergie et de l'activité sociales. Industrie, commerce, agriculture, se sont tour à tour abrités derrière cette union des forces vives nationales dont une législation libérale favorise le développement.

Syndicats et mutuelles, associations de toute sorte, surgissent à chaque instant, et les Vosges, comme en bien d'autres circonstances, tiennent à affirmer leur vitalité et leur amour profond du sol français par l'ampleur croissante qu'elles donnent à ce mouvement syndical.

De plus en plus pénètre, dans les esprits, la vraie notion du progrès agricole, par l'association des capitaux et des

efforts ; peu à peu disparaissent les rancunes individuelles qui étaient un obstacle à l'intérêt général ; l'éducation du paysan vosgien s'affirme de jour en jour à mesure que deviennent plus clairs pour lui les avantages et les encouragements.

Déjà le bétail est protégé par plus de cent quatre-vingt-dix mutuelles locales, réassurées à leur tour à une caisse centrale ; déjà les syndicats d'arrondissement traitent de gré à gré avec les fournisseurs, discutent leurs prix, pour le plus grand profit de leur clientèle agricole, le moment est propice pour rendre aux anciennes associations syndicales d'irrigation leur vigueur éteinte, leur rôle jadis si important. Nombreuses, il y a cinquante ans, ces sociétés communales ont peu à peu disparu, non sans avoir jeté quelque lustre sur les prairies vosgiennes.

On cite souvent, comme type du genre, le syndicat de Saint-Nabord, près de Remiremont, tant par les résultats qu'il obtînt dans une région sujette aux débordements et aux crues que par sa connaissance exacte des besoins et des aptitudes de ces sols, à base d'alluvion, qui forment en vallée la presque totalité des prairies.

J'aimerais voir refleurir cette bonne entente des paysans d'autrefois pour ce qui concerne la prairie banale, ces sortes de comices locaux où le bon sens vosgien fit jadis merveille. Si telles œuvres d'il y a cinquante ans gardent encore à nos yeux ce cachet d'utilité et de science que, par simple intuition, les ancêtres ont su leur donner, que ne peut-on attendre de leurs continuateurs et descendants, lorsque, guidés par l'expérience acquise et les enseignements reçus, ils appliqueront aux prairies existantes les modes de culture perfectionnés dont nous avons essayé de jeter les bases ? Unis par l'intérêt commun ils amélioreront leurs canaux, trop souvent délabrés, répareront leurs ouvrages d'art ruinés par la négligence des uns, le mauvais vouloir des autres, concentreront leurs efforts pour atténuer l'érosion des rives, les ensablements périodiques dus aux crues, acquerront à

moindre prix leurs engrais et amendements, enfin, pourront aborder ce grave problème qu'est la mise en pratique des réunions territoriales.

Sans vouloir développer chacun des points dont l'énumération précède, sans vouloir entrer dans les menus avantages qui découlent toujours d'une solidarité bien comprise, l'association d'irrigation nous paraît être cependant le complément rationnel de la « Mutuelle Bétail », car, s'il importe d'atténuer pour le cultivateur la perte sèche de ses animaux, il n'est pas moins nécessaire d'en assurer l'entretien aux meilleures conditions.

D'ailleurs, les exemples venus d'Allemagne montrent la voie à suivre et les résultats possibles. Qu'on visite la Prusse, la Hesse, la Bavière, le grand duché de Luxembourg, l'Alsace-Lorraine, même, partout, le syndicat d'irrigation existe, légalement reconnu, provoque les remaniements de parcelles, détermine les modes d'irrigation et la durée de celle-ci, change en quelques années la physionomie d'une région.

Sans faire des réformes si radicales, d'exécution toujours délicate en période d'évolution et pour lesquelles les populations rurales ne manifestent que peu d'attrait parce qu'elles y voient une atteinte au droit de propriété, qui constitue la base de notre législation,les syndicats anciens, animés d'une nouvelle ardeur, aidés par l'administration et confiants dans la fécondité de nos alluvions vosgiennes. reprendraient leur utilité incontestable, dirigeraient la répartition des eaux, malheureusement trop à la merci de chaque propriétaire et créeraient des prairies d'étude où tout ce qui concerne la fertilisation rationnelle serait scientifiquement étudiée.

Emettre ce vœu, c'est donner en même temps les moyens de l'accomplir, tellement il est simple dans son application. Les quelques modifications aux statuts existants nécessitées par le progrès moderne portent sur des points de détail faciles à régler. Il nous suffit d'ailleurs de signaler le principe de la mutualité appliquée aux prairies pour compléter la

série des améliorations désirables à bref délai, si l'on tient à conserver intact l'écrin verdoyant, le splendide patrimoine que nous ont légué les aïeux.

Les avoir indiquées est trop peu de chose pour satisfaire notre ambition ; nous voudrions que tous sentissent combien il est beau de collaborer, dans la mesure de ses forces, à l'accroissement et à l'embellissement d'une des branches les plus importantes de la richesse vosgienne : l'intérêt de chacun y trouvera satisfaction et le patriotisme éclairé de cette population frontière enregistrera une victoire économique aux conséquences inattendues.

Conclusions

Tous les essais partiels, les efforts accomplis par les intelligences d'élite, pour dissiper l'ignorance et les préjugés, resteraient vains s'ils n'établissaient la concordance parfaite des pratiques culturales avec la théorie dont elles dérivent. Il faut qu'en agriculture, comme dans toutes les branches du savoir humain s'accomplisse l'évolution nécessaire, tant dans les esprits que dans les méthodes, pour que les progrès ultérieurs puissent avoir des bases solides ; l'instruction générale des masses rurales, la connaissance des relations intimes de la plante avec le sol.

Trop longtemps, on a considéré la culture des prairies comme étant d'une facilité extrême, peu susceptible d'amélioration, n'exigeant de l'homme qu'une peine minime pour un profit certain, quoique variable ; trop longtemps aussi, la science agronomique, occupée à d'autres recherches, a délaissé ce facteur toujours important dans une exploitation, essentiel dans nos Vosges.

J'ai cru le moment venu de montrer dans un coup d'œil d'ensemble ce qu'était devenue la production fourragère après de longues années d'empirisme, à quelles déceptions couraient les cultivateurs imprévoyants, imbus des doctri-

nes anciennes, entêtés dans leurs errements. L'édifice bâti par les générations précédentes sur les grèves caillouteuses de la Moselle et de ses affluents, arrive à sa période de décadence ; l'optimum de production qui, par suite de circonstances favorables, s'est maintenu pendant plusieurs années, n'est plus aujourd'hui qu'un souvenir.

Et cependant, il faut un œil exercé pour déceler le mal dont souffrent nos prairies, leur épuisement lent, les modifications profondes de la flore, causes directes de la faible valeur nutritive des fourrages, toutes les félures, grandes et petites de leur armature.

Rien n'est perdu, si la vigilance du paysan vosgien, son amour inné du sol, comprennent la tâche qui leur est imposée par l'action néfaste des ans ; à l'appréciation saine de ses véritables intérêts, il joindrait le souci de garder intacte sa renommée si bien assise d'irrigateur et de producteur.

Dans les Vosges, comme ailleurs, les transformations incessantes de l'énergie humaine, les progrès immenses de l'industrie cotonnière, surtout depuis 1870, ont créé de nouveaux besoins, changé les conditions économiques de la culture. D'année en année, d'autres réformes sont à faire, les méthodes doivent se modifier, et le cultivateur ne peut combattre efficacement la coalition des intérêts antagonistes, s'il ne veille, pense, étudie les améliorations à faire, ne s'applique à vulgariser les découvertes et les applications nouvelles dans la mesure de ses forces et de son intelligence. Tout exploitant qui s'enkystera dans ses utopies d'autrefois, déchoiera fatalement.

Dans nos campagnes, les habitudes sont lentes à s'établir, lentes à disparaître, les facultés physiques et morales s'équilibrent trop bien au contact permanent et exclusif d'une nature verdoyante et pittoresque, dont la fertilité seule importe pour que puissent prévaloir les idées précises et délicates de la science nouvelle dans ces cerveaux rarement supérieurs, jamais audacieux. Heurter de front les méthodes anciennes, les pratiques séculaires, serait combattre une

erreur pour tomber dans une autre : des modifications insensibles, étayées par des résultats évidents sont plus rationnelles, mieux adaptées au caractère du Vosgien, toujours entêté devant les théories, rarement devant les faits acquis.

C'est pourquoi nous préconiserons quelques réformes simples, peu coûteuses et d'une application facile :

I. — *Diminution graduelle* des arrosages d'hiver et augmentation corrélative de ceux de printemps et d'automne. La suppression radicale de ces irrigations serait même désirable.

II. — *Suppression*, comme anti-économique, de la fumure des prairies par épandage en surface de paillis ou fumier consommé.

III. — *Nécessité* de l'emploi d'un amendement phosphaté sur les prairies. Jusqu'à présent, la scorie de déphosphoration seule ou en mélange avec la kaïnite paraît être l'engrais commercial le plus qualifié dans la région.

IV. — *Reconstitution* sur de nouvelles bases des anciennes commissions ou syndicats locaux d'irrigation.

V. — *Création de prairies* de démonstration analogues aux champs d'expériences disséminés en beaucoup de points du département. Les essais d'engrais, l'introduction des systèmes d'irrigation perfectionnés, les mesures volumétriques de toute sorte, la vulgarisation de tous procédés se rapportant à l'exploitation rentreraient facilement dans le cadre de cet enseignement par les yeux, plus profitable cent fois qu'un enseignement oral, quel qu'en soit la valeur.

Si toutes les branches de l'exploitation du sol national pouvaient s'améliorer avec aussi peu d'efforts, autant de chances de succès que la culture des prairies, l'industrie agricole, souffrante à l'heure actuelle, se relèverait promptement.

C'est assez de signaler l'intérêt et l'ardeur déployés Outre-Vosges pour l'étude des moyens favorables au développement du progrès, à l'obtention des plus-values nécessaires

pour faire apprécier aux vaillants agriculteurs de la Montagne et de la Vôge, l'énorme bienfait qu'est pour eux la prairie permanente, de quelle importance capitale devient sa conservation intégrale.

« Il n'y a pas de mauvais prés, dit M. Boitel, lorsque « l'exploitant veut et sait y favoriser le développement des « bonnes espèces ». Que cette conclusion d'un maître éminent reste toujours présente à l'esprit de nos compatriotes, qu'ils sachent et veuillent développer la puissance productrice de leurs surfaces enherbées et la petite propriété verra renaître les belles années grasses dont une crise sans précédent fait, plus que jamais, désirer le retour !

ARGENTEUIL, IMPRIMERIE JULES MOREAU, 9, RUE DE LA LIBERTÉ

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES

DE

L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

(Ecole Supérieure de l'Agriculture)

2e SÉRIE — TOME V

FASCICULE 2e

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
LIBRAIRES-ÉDITEURS
Rue Hautefeuille, 19

LIBRAIRIE AGRICOLE
DE LA MAISON RUSTIQUE
Rue Jacob, 26

PARIS
1906

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

MATIÈRES ALBUMINOÏDES SOLUBLES DU LAIT

PAR

MM. LINDET ET L. AMMANN

DOCTEUR ÈS-SCIENCES
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE
PROFESSEUR
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

INGÉNIEUR-AGRONOME
PRÉPARATEUR
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

La nature des matières albuminoïdes solubles du lait a été l'objet de nombreuses discussions.

La présence de l'albumine constatée par Doyère et Poggiale (1), par Bouchardat et Quévenne (2), par Hoppe-Seyler (3), par Zahn (4), par Béchamp (5), a été niée par Duclaux (6); pour ce savant, les réactions qui ont été invoquées jusqu'à lui pour caractériser l'albumine, ne sont pas telles qu'on soit en droit d'en affirmer l'individualité, et il est plus exact d'admettre que cette matière albuminoïde soluble, baptisée du nom d'albumine, n'est autre chose que

(1) Doyère et Poggiale : *C. R.* 1853, t. 36, p. 430, et *Ann. de l'Inst. agr.* 1853, 1er livr., p. 235.
(2) Bouchardat : *Du lait,* Paris, 1857.
(3) Hoppe-Seyler : *Virschow's arch.*, 17.
(4) Zahn : *Arch. für. d. ges. Phys.* Bonn, 1869. II, p. 598.
(5) Béchamp : *C. R.* 1873, t. 77, p. 1525.
(6) Duclaux : *Ann. Inst. Nat. agr.*, 1879-80, p. 31, 35 et 1883, p. 51.

la caséine même, à l'état soluble. Plus tard, Sebelien (1) extrayait du lait de vache une albumine caractérisée par un pouvoir rotatoire bien différent de celui que l'on attribue à la caséine et dont il sera parlé plus loin. Dès lors, la lactalbumine prenait droit de cité parmi les albuminoïdes solubles du lait.

Sebelien a suivi, dans la préparation de l'albumine du lait, deux méthodes différentes, basées toutes deux sur la précipitation par les sels et la purification des précipités redissous dans l'eau, au moyen de nouvelles additions de sels, et au moyen de dialyses ; la première méthode, qui exigeait en même temps l'emploi de petites quantités d'acide acétique, lui a donné des échantillons d'albumine, dont le pouvoir rotatoire a varié de —36°4 à —37° ; la seconde méthode, dans laquelle l'addition d'acide acétique était rendue inutile, (précipitation de la caséine par le sulfate de magnésium, précipitation de l'albumine contenue dans le serum, par du sulfate de sodium, etc...), nous semble fournir l'albumine dans l'état même où elle se présente au sein du lait ; or le pouvoir rotatoire des échantillons ainsi préparés a été trouvé de $\alpha_D = -30°$; c'est ce pouvoir rotatoire que nous adopterons dans la suite.

Mais le pouvoir rotatoire que possède, dans le serum, l'ensemble des matières albuminoïdes, est environ deux fois plus élevé que celui attribué par Sebelien à l'albumine, et il est impossible d'admettre que celle-ci soit la seule matière albuminoïde soluble du lait ; nous nous proposons de montrer, au cours de ce travail, et en nous basant sur leurs pouvoirs rotatoires, que la caséine et l'albumine coexistent dans la partie soluble du lait, et que la forme soluble, prise par la première, est due à son union avec le phosphate de chaux. C'est ce composé de phosphate de chaux et de caséine que nous étudierons tout d'abord, puis nous en rechercherons la présence dans le lait naturel.

(1) Sebelien : *Zeitsch, für Physiol. Chemie*, 1885, IV, p 445.

I

Hammarsten (1) a montré que la caséine et le phosphate de chaux se tiennent réciproquement en solution. Parmi les expériences qu'il a citées, celle qui nous intéresse le plus directement a consisté à prendre de la caséine précipitée par l'acide acétique, à la dissoudre dans l'eau de chaux, et à saturer exactement l'alcalinité de celle-ci par l'acide phosphorique étendu.

Nous avons constaté que l'on ne saurait obtenir ce résultat en suivant une marche inverse ; la caséine se dissout bien dans l'acide phosphorique, mais la saturation de celle-ci par l'eau de chaux entraîne la précipitation complète de la matière albuminoïde préalablement dissoute.

La caséine dissout également le phosphate de chaux, fraîchement précipité, mais à la condition que l'on opère en présence de l'eau ordinaire, qui renferme de la chaux.

De ces expériences on doit conclure que c'est le caséinate de chaux qui dissout le phosphate et que le composé soluble ainsi obtenu doit porter le nom de *phospho-caséinate de chaux*.

Nous avons pu recharger du lait en phosphate de chaux, fraîchement précipité, et obtenir, par filtration à travers une couche de kaolin (procédé que nous avons substitué avantageusement à celui qui consiste à filtrer sur bougie de porcelaine), un serum plus riche en matières albuminoïdes et en phosphate de chaux que celui fourni par un lait témoin.

	Dans 100 c. c. de	
	Serum de lait témoin	Serum de lait rechargé de phosphate
Matière albuminoïde.......	0.665	0.698
Phosphate de chaux.......	0.148	0.159
Phosphate de chaux o/o de la matière albuminoïde..	22,3 o/o	22,8 o/o

(1) Hammarsten : *Zeitsch. für physiolog. chemie*, 7. p. 160.

On peut déterminer le pouvoir rotatoire de ce composé en dosant l'azote dans le précipité obtenu par l'addition du sulfate de mercure solide, et en rapportant le chiffre de la matière azotée (Az. × 6.25), à la différence de rotation du liquide, avant et après addition de sulfate de mercure. (Il est inutile d'ajouter du mercure pour attaquer la matière par l'acide sulfurique.) Or, ce pouvoir rotatoire concorde nettement avec ceux des caséinates, et est au contraire éloigné de ceux que l'on attribue à la caséine dissoute dans les sels et dans les acides.

Hoppe-Seyler (1) a donné en effet comme pouvoir rotatoire de la caséine dissoute dans le sulfate de magnésium, $\alpha_D = -80°$. Nos chiffres ont été toujours un peu plus élevés ; mais la faible solubilité de la caséine dans les sels neutres ne nous permet pas d'en affirmer l'exactitude.

Les acides dissolvent également la caséine ; mais les chiffres qui traduisent le pouvoir rotatoire semblent varier avec la nature des acides employés, probablement aussi avec leur concentration :

Caséine dissoute dans l'acide chlorhydrique......	— 87°	(1)
— — — acétique...........	— 86°1	(2)
— — — —	— 90°5	(3)
— — — phosphorique.......	— 99°1	(3)

Mais on arrive à une plus grande fixité en mesurant le pouvoir rotatoire de la caséine en présence des alcalis, c'est-à-dire, le pouvoir rotatoire des caséinates.

Caséine dissoute dans le carbonate de soude	— 120°6	— 118°	— 117°5	(4)
— — — la soude...........	— 116°5	— 116°9	— 118°0	(5)
— — — l'eau de chaux......		— 116°0		(5)

(1) Hoppe-Seyler : *Chem. centralb.*, 1865, p. 785, et *B. Soc. ch.*, 1866, I, p. 138.

(2) Béchamp : *C. R.*, 1873, t. 77, p. 1525.

(3) Lindet et Ammann.

(4) Béchamp : *C. R.*, 1873, t. 77, p. 1525.

(5) Lindet et Ammann.

Or, c'est précisément un chiffre voisin des précédents, et surtout de celui du caséinate de chaux, $\alpha_D = -116^o2$, que nous avons trouvé pour le composé d'Hammarsten, celui-ci est donc bien du phosphocaséinate de chaux.

Pour obtenir ce pouvoir rotatoire, on ne saurait agir sur la liqueur provenant directement de la saturation, par l'acide phosphorique du caséinate de chaux ; celle-ci est trouble, même après filtration sur kaolin ; c'est qu'elle renferme le composé en partie (12.3 à 16.2 o/o) à l'état colloïdal. Mais on peut séparer la partie colloïdale de la partie vraiment dissoute, par l'addition d'une petite quantité de présure, et obtenir un liquide parfaitement limpide. Peut être convient-il de faire, dès maintenant, quelques réserves au sujet de l'action de la présure sur la caséine, telle que l'a définie Hammarsten ; mais nous reviendrons sur ce sujet, à la fin du travail, pour démontrer que les choses ne se passent pas comme il l'a prétendu.

II

Il convient maintenant de rechercher si ce phospho-caséinate existe dans le lait naturel.

Nous avons été assez heureux pour le rencontrer précisément dans le produit visqueux et plastique qui se dépose sur les parois des bols des écrémeuses centrifuges, et qui est connu en laiterie sous le nom de boues d'écrémeuses ; ce résidu représente de o g. 25 à o g. 3o par litre de lait.

Quand on traite ces boues par l'eau froide, on dissout à peu près la moitié du produit brut, et le liquide limpide renferme du phospho-caséinate de chaux.

Le liquide précipite difficilement par l'acide acétique, c'est-à-dire qu'un excès d'acide acétique redissout très aisément le précipité.

Il coagule par la chaleur ; le trouble commence à se produire vers 3o° et s'accentue au fur et à mesure que l'on

approche de l'ébullition ; le coagulum se redissout d'autant plus facilement que le liquide a été chauffé à une moindre température. Le coagulum entraîne de 6.6 à 6.9 °/° de phosphate de chaux.

Cette coagulation progressive pourrait faire croire à la présence de l'albumine ; mais la matière albuminoïde ainsi coagulée en diffère nettement par son pouvoir rotatoire. Celui-ci, pris par le procédé qui a été indiqué ci-dessus, a a été trouvé de — 119°4, et — 119°5, c'est-à-dire très voisin de ceux qui ont été indiqués pour les caséinates et pour le phospho-caséinate de chaux en particulier.

La matière albuminoïde des boues, coagulée par la chaleur et supposée débarrassée de la matière minérale, offre la composition élémentaire suivante, c'est à dire précisément celle de la caséine :

C	=	52.56
H	=	7.60
Az	=	16.10
O	=	23.74
		100.00

Comme la caséine, elle se dissout dans les alcalis, dans les acides, dans les sels.

Prise dans la boue même, c'est-à-dire à l'état de phospho-caséinate de chaux, elle est plus soluble dans les solutions salées que dans l'eau pure, et la dialyse de ces solutions laisse précipiter le phospho-caséinate de chaux. On observe également, comme s'il s'agissait de la caséine même, que des doses déterminées de sels dissolvent le maximum de phospho-caséinate, alors que des doses plus élevées le précipitent.

Solution à	Matière albuminoïde dissoute
0 °/° de sel marin	0 g. 960
5 °/° —	2 » 393
10 °/° —	2 » 160
15 °/° —	1 » 560
20 °/° —	1 » 270

Il est intéressant de se demander comment le phospho-caséinate de chaux, qui s'est déposé au sein du lait, peut se redissoudre dans l'eau.

Nous avons dit que dans les solutions artificielles, le phospho-caséinate est en partie à l'état colloïdal, en partie à l'état soluble ; il en est ainsi dans le lait, et l'on sait, d'après les travaux de Lobry de Bruyn et de Van Calcar (1), que les corps solubles, à poids moléculaire élevé, sont susceptibles de se concentrer sous l'influence de la force centrifuge ; le phénomène est encore plus marqué avec les corps colloïdaux et peut être facilement reproduit avec une solution colloïdale de phospho-caséinate. Celui-ci, en suspension ou en solution dans le lait, gagne les parois du bol de l'écrémeuse, s'y dépose, et reste susceptible de se redissoudre dans l'eau.

Un phénomène analogue a été observé par Duclaux. Ce savant filtrait du lait sur une bougie de porcelaine, reprenait le dépôt adhérent à la porcelaine, le délayait dans l'eau, et obtenait une nouvelle quantité de matière azotée, susceptible d'être filtrée ; il est naturel de supposer que, dans ces conditions, il remettait simplement en solution le phospho-caséinate de chaux.

Pour expliquer la formation des boues, il ne faut pas oublier non plus que la matière albuminoïde soluble commence à se coaguler vers 30°, et se redissout par le refroidissement ; or, c'est précisément à cette température que l'on chauffe le lait avant de l'envoyer dans l'écrémeuse. Le précipité gagne la périphérie sans avoir eu le temps de se redissoudre par refroidissement ; mais il représente, en réalité, une matière soluble dans l'eau.

(1) Lobry de Bruyn et Van Calcar : *Rev. trav. chim. des Pays-Bas*, t. 23, p. 218.

III

La présence dans les boues du phospho-caséinate de chaux implique évidemment que la caséine se trouve en cet état dans le lait, puisque celui-ci n'a subi jusque-là que des manipulations mécaniques. Les expériences suivantes, basées sur la nature des matières albuminoïdes, caillées par la présure, viennent fortifier cette hypothèse.

Un serum de lait filtré sur kaolin est additionné de présure et l'on voit celle-ci cailler la partie du phospho-caséinate de chaux qui était à l'état colloïdal, et qui représente de 14 à 20 o/o de la matière albuminoïde totale. Si on a eu soin de prendre le pouvoir rotatoire des matières albuminoïdes contenues, d'une part dans le serum filtré, d'autre part dans le serum emprésuré et filtré, on peut calculer quel aurait été le pouvoir rotatoire de la partie coagulée. Or, on trouve $\alpha_D = -124°.1$, c'est-à-dire, à quelques degrés près, le pouvoir rotatoire que le phospho-caséinate de chaux possède dans les boues.

De même, si on compare les pouvoirs rotatoires des matières albuminoïdes contenues dans un serum de lait filtré sur kaolin, et dans le serum du même lait emprésuré et filtré, on constate que celui-ci renferme moins de matières albuminoïdes (14.1 o/o) que celui-là, et que le pouvoir rotatoire de ce qui a été caillé en même temps que la grosse masse de caséine est également de — 121°.6.

Nous avons fait le même raisonnement en présence de serums de laits partiellement caillés par les sels, par l'alcool, par l'acide acétique, et nous avons constaté que la matière albuminoïde retenue par le filtre, et qui aurait passé dans le serum d'un lait témoin simplement filtré, possède un pouvoir rotatoire très voisin de ceux précédemment indiqués :

En présence	de 10 o/o	de chlorure	de sodium....	121°.6
—	de 6 o/o	—	de calcium....	112°.6
—	de 20 o/o	—	d'alcool.......	124°.9
—	de 0.5 o/o	—	d'acide acétique	114°.2

Là encore les sels, l'alcool, l'acide acétique ont précipité du phosphocaséinate de chaux.

Le lait renferme donc, à l'état dissous comme à l'état colloïdal, le même phosphocaséinate que l'on peut former en partant de la solution de caséine dans la chaux.

IV

Si on laisse de côté les lactoglobulines dont l'existence, surtout à l'état soluble, est loin d'être démontrée, on se trouve en présence de deux matières albuminoïdes solubles, l'albumine ($\alpha_D = -30°$), et la caséine à l'état de phosphocaséinate de chaux ($\alpha_D = -116°$). Le pouvoir rotatoire des matières albuminoïdes totales obtenu ainsi qu'il a été dit plus haut, se montre intermédiaire entre ces deux chiffres, variant pour les échantillons de lait de vaches que nous avons examinés, entre $-62°$ et $-74°$. Quand on traite ces serums de laits filtrés par la présure, et qu'on sépare le caillé obtenu, on abaisse le pouvoir rotatoire du nouveau serum d'une quantité qui représente, ainsi qu'il a été dit, le phosphocaséinate coagulé.

Ces considérations permettent d'établir une méthode pour estimer d'une façon suffisamment approchée la quantité d'albumine contenue dans un lait, alors qu'il n'existe aucun procédé susceptible de donner, à ce sujet, un résultat même approximatif. Il suffit de cailler du lait par la présure, et d'établir le pouvoir rotatoire des matières albuminoïdes totales en dosant l'azote dans le précipité mercurique et en rapportant le poids, p. de matières azotées (Az $\times$ 6.25) contenues dans 100^{cc}, à la différence de rotation des liqueurs avant et après addition de sulfate de mercure.

$$\alpha_D = \rho - \rho' \frac{100}{p \times l.}$$

Connaissant les pouvoirs rotatoires de l'albumine et de la caséine, on peut calculer la quantité d'albumine que

renferme un gramme de mélange; si on fait, pour la facilité du calcul, abstraction du signe —, on peut poser les équations suivantes :

$$\alpha_D = A \times 30 \times (1 - A) \times 116$$

$$\text{ou } A = \frac{116 \times \alpha_D}{86}$$

A exprime la quantité d'albumine contenue dans une partie du mélange d'albumine et de caséine: on connaît d'autre part la quantité totale de matière albuminoïde, et il est facile alors de calculer ce qu'il y a d'albumine dans 920^{cc} de serum, c'est à dire dans un litre de lait. Voici les chiffres que nous avons obtenus avec différents échantillons de lait de vaches, de chèvres et de brebis.

		Pouvoir rotatoire de la matière albuminoïde totale du serum	Albumine 0/0 des matières albuminoïdes totales du serum	Albumine par litre de lait en grammes
Lait de vaches	1	57°,9	67,5	2,30
	2	60°,0	65,1	2,98
	3	58°,1	67,3	3,34
	4	59°,1	66,1	3,45
	5	52°,6	73,7	3,60
	6	53°,6	72,5	3,73
	7	56°,5	69,2	4,28
	8	47°,9	79,1	4,32
	Colostrum de 3 jours	62°,5	62,2	6,78
Lait de chèvres		52°,2	74,1	4,16
Lait de brebis (Aveyron)		57°,2	68,3	8,09

V

La connaissance du pouvoir rotatoire que possède la caséine dissoute dans le lait permet de réfuter la théorie qu'Hammarsten a donnée du caillage (1); cette théorie

(1) Hammarsten : *Zeitsch. für Physiol. chem.* 7. p. 160.

admet que, sous l'influence de la présure, la caséine se transforme en paracaséine, insoluble en présence des sels de chaux, et en une protéine soluble, représentant environ 10 o/o de la matière azotée totale.

Duclaux (1) a déjà combattu cette théorie en montrant que les quantités de caséine et de phosphate de chaux contenues dans un serum de lait filtré et dans un serum de lait emprésuré, sont sensiblement les mêmes ; si la caséine avait donné une protéine soluble, la matière azotée se montrerait, dans le serum d'emprésurage, en quantité supérieure à celle que fournit le serum de filtration directe.

Reprenant l'expérience de Duclaux, nous avons même constaté que le serum d'emprésurage est plus pauvre en matières albuminoïdes que le serum de filtration, et la différence entre les chiffres de Duclaux et les nôtres tient probablement à ce que Duclaux comparait un serum de lait filtré à la porcelaine avec un serum de lait emprésuré, filtré au papier, c'est-à-dire à travers une matière qui laisse passer plus de produits colloïdaux que la porcelaine, tandis que nos deux serums étaient filtrés dans les mêmes conditions, sur du kaolin. Voici en tout cas les chiffres obtenus par Duclaux et par nous.

	Matière albuminoïde du			
	Serum de lait filtré	Serum de lait emprésuré	Différence	
I	0,550	0,570	»	(Duclaux)
II	0,643	0,595	7,5 o/o	(Lindet et Amnann)
III	0,665	0,523	21,3 o/o	id.

Nous avons fait la même expérience en partant, non pas du lait entier, mais du serum de lait filtré, dans lequel la présure détermine un coagulum.

Matière albuminoïde du lait filtré		
Nature	Emprésuré	Différence
0,644	0,532	17,4 o/o

(1) Duclaux : *Ann. de l'Institut National agron.*, 1883, p. 77.

On obtient un abaissement semblable dans la teneur en matières albuminoïdes par l'action de l'acide acétique :

	Matières albuminoïdes du			
	Serum de lait filtré	Serum de lait caillé a l'acide acétique	Différence	
I	0,490	0,520	»	(Duclaux)
II	0,666	0,459	31,1 °/°	(Lindet et Ammann)
III	0,644	0,480	25,4 °/°	id.

Il n'y a donc pas lieu de supposer, d'après le dosage même des matières albuminoïdes, que la présure, pas plus que l'acide acétique d'ailleurs, soit susceptible de déterminer, aux dépens de la caséine, la formation d'une matière azotée soluble.

En outre, nous avons pu démontrer que la partie soluble d'une solution artificielle du phospho-caséinate de chaux traitée par la présure, a le même pouvoir rotatoire, ($\alpha_D = -116° 2$) que le même produit, tel qu'on le rencontre dans les boues d'écrémeuses et dans les caillés d'emprésurage de lait. Il faudrait donc, pour soutenir encore la théorie d'Hammarsten, admettre que la protéine soluble, née du dédoublement, aurait le même pouvoir rotatoire que le produit primitif.

Il semble donc naturel, pour expliquer le caillage du lait, d'abandonner les théories chimiques et de ne s'appuyer que que sur les théories physiques, qui deviennent ainsi générales pour la coagulation de tous les corps colloïdaux, théories qui ont été admises par Duclaux, et auxquelles les récents travaux de M. Perrin (1) et de M. Jacques Duclaux (2) ont donné plus d'ampleur et plus de précision. La présure ne peut cailler que la caséine colloïdale, et laisse en l'état celle qui est soluble.

(1) Perrin : *C. R.*, 1903, t. 137, p. 564.
(2) Jacques Duclaux : *Conf. Soc. Chim.*, 1905.

Reste à expliquer pourquoi, dans le lait comme dans les solutions artificielles, le phosphocaséinate de chaux se trouve en partie à l'état colloïdal, en partie à l'état soluble. D'une façon générale, la science comprend encore incomplètement pourquoi les corps prennent la forme colloïdale ou la forme soluble ; cependant, dans le cas actuel, nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que, quand on fait agir la présure sur une solution artificielle de phosphocaséinate, le phosphate de chaux dissous dans le serum est toujours, par rapport à la matière albuminoïde, en quantité plus considérable que le phosphate de chaux retenu dans le caillé. De même, si l'on ajoute de la présure au serum d'un lait filtré au kaolin, le phosphate de chaux prédomine encore dans la partie restée liquide. Il convient de rappeler enfin que la matière albuminoïde soluble des boues d'écrémeuses est accompagnée d'une grande quantité de phosphate de chaux.

		Phosphate de chaux °/° de la matière albuminoïde soluble	
		Dans le caillé	Dans le serum
Solution artificielle.............	1.	14,6	24.5
—	2.	11,8	33,6
—	3.	19,1	29,6
Serum de lait filtré, emprésuré...		8,4	18,2
Solution de boues d'écrémeuse ...		»	32,5

CONCLUSIONS

En réumé, nous avons montré dans ce travail :

I. — Que le composé d'Hammarsten est un caséinate, en nous appuyant sur son mode de formation et sur son pouvoir rotatoire ;

II. — Que ce composé se retrouve dans les boues d'écrémeuses, et existe par conséquent dans le lait naturel ;

III. — Qu'on le retrouve encore dans les caillés que forment dans le serum de lait filtré et d'une façon générale dans le lait, les différents agents coagulants, présure, sels, alcool, acide acétique ;

IV. — Que l'on peut baser sur ces observations une méthode pour doser dans le lait l'albumine et la caséine soluble, à l'état de phospho-caséinate de chaux ;

V. — Que la théorie du dédoublement de la caséine en paracaséine et protéine soluble, proposée par Hammarsten, n'est pas exacte, et que le caillage ne peut être expliqué que par les théories physiques, générales pour la coagulation des corps colloïdaux.

ESSAI

SUR

L'HISTOIRE DU GÉNIE RURAL

LA CHALDÉE ET L'ASSYRIE *(Fin* [a]*)*

PAR

MAX RINGELMANN

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'AGRICULTURE
PROFESSEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS DE MACHINES

CHAPITRE III

HYDRAULIQUE AGRICOLE

Le régime des fleuves de la Chaldée et de l'Assyrie. — Climatologie

Les principaux cours d'eau du *Pays des Fleuves*, le Tigre et l'Euphrate, qu'on a souvent cités comme exemple de *gémellarité fluviale* (1), ont été décrits de la façon suivante par Maspero (2) : « L'Euphrate et le Tigre ne se donnent pas, comme le Nil, pour des fleuves mystérieux dont la source se dérobe si bien aux explorations, qu'on est tenté de la placer hors des régions habitées par les hommes. Ils naissent en Arménie, sur les flancs du Niphatès, l'une des chaînes de montagnes qui se dressent entre la mer Noire et la Mésopotamie, la seule qui atteigne par endroits la limite des neiges éternelles..... A la hauteur de Bagdad (3), les deux fleuves ne sont plus séparés que par quelques lieues de terrain. Toutefois ils ne se rejoignent pas encore : après avoir cheminé de compagnie l'espace de 20 à 30 milles, ils s'écartent de nouveau pour ne se réunir enfin qu'à près de 80 lieues

(a) *Annales de l'Institut national agronomique*, 1903, 1904 et 1905.

(1) CARL RITTER : *Configuration des continents.*

(2) G. MASPERO : *Les Origines*, p. 548.

(3) Les noms cités dans ce passage sont les noms actuels des localités.

plus bas. Au commencement de notre période géologique, leur cours n'était pas si long. La mer pénétrait jusque vers le 33e degré, et ne s'arrêtait qu'aux dernières ondulations du grand plateau de formation secondaire, qui descend du massif d'Arménie : ils s'y jetaient à 20 lieues environ l'un de l'autre, dans un golfe délimité à l'est par les derniers contreforts des Monts de l'Iran, à l'ouest par les hauteurs sablonneuses qui bordent la lisière du désert Arabique (1). Ils le comblèrent de leurs alluvions, aidés de l'Adhem, du Diyâléh, de la Kerkha, du Karoun et d'autres rivières qui, après s'être maintenues longtemps indépendantes, sont devenues tributaires du Tigre. Leurs lits, reliés par de nombreux canaux, se rencontrent aujourd'hui vers le village de Kornah et se mêlent en un seul fleuve, le Shatt-el-Arab, qui roule leurs flots à la mer. Les boues qu'ils charrient, arrivées à leur embouchure, s'y déposent et progressent rapidement ; on dit que le rivage avance d'environ 1600 mètres par 70 ans (2)..... L'Euphrate est navigable depuis Souméisat, le Tigre depuis Mossoul, l'un et l'autre presque aussitôt en quittant la montagne. Ils sont sujets à des débordements annuels qui se produisent au moment où les neiges de l'hiver fondent sur les sommets de l'Arménie. Le Tigre, dont la source est au penchant méridional du Niphatès et dont le trajet est plus direct, déborde le premier au commencement de mars et atteint sa plus grande hauteur vers le 10 ou vers le 12 mai. L'Euphrate se gonfle au milieu de mars et ne bat son plein que dans les derniers jours de mai. La baisse s'accentue à partir du mois de juin ; en septembre, tout ce que les terres

(1) Ross et Lynch : *Journal of the Geographical Society*, t. IX.

(2) Chiffre de Loftus : *Travels and Researches in Chaldæa and Susiana* ; H. Rawlinson pense que dans l'antiquité l'alluvion était de 1600 mètres tous les 30 ans (*Journal of the Geographical Society* v. XXVII) ; Kiepert croit qu'au VIe siècle avant notre ère, le rivage de la mer courait à 10 ou à 12 milles allemands (75 ou 90 kilomètres) plus haut que le rivage actuel (*Lehrbuch der Alten Geographie*) ; G. Rawlinson (*The Five Great Monarchies*, t. I) estime que lors de l'établissement du premier empire Chaldéen, le rivage était à plus de 120 miles anglais (192 kilomètres) en arrière de l'embouchure du Shatt-el-Arab, au nord du village actuel de Kornah.

n'ont pas absorbé est rentré entièrement dans le lit. La crue n'a point là, pour la région qu'elle recouvre, la même importance que celle du Nil pour l'Egypte. Elle lui nuit plus qu'elle ne lui sert, et les riverains ont toujours travaillé à se défendre contre elle et à la détourner, plutôt qu'à lui faciliter l'accès de leurs champs ; elle est pour eux le mal nécessaire auquel ils se résignent, mais dont ils tâchent d'atténuer les effets (1). » Et, plus loin, Maspero ajoute : « que la rapidité avec laquelle la crue monte au printemps, et son débit variable à l'extrême d'année en année, n'enhardissait guère les Chaldéens à confier aux fleuves la corvée d'arroser leur pays : ils étaient obligés de se fortifier contre eux, et de maintenir à distance les masses liquides qu'ils leur apportaient. Chaque domaine, qu'il fût carré, triangulaire ou de figure irrégulière, s'entourait d'un épaulement continu en terre qui le délimitait sur toutes ses faces, en même temps qu'il lui servait de rempart pendant les mois d'inondation. »

« La Chaldée primitive devait présenter au début le même aspect de désordre et d'abandon qu'elle offre de nos jours (2). C'était une lande plate, interminable, qui se continuait toute droite jusqu'à l'horizon et recommençait toujours plus profonde, sans que le moindre accident de terrain en rompît la monotonie : des groupes espacés de palmiers et de mimosas grêles, entrecoupés de lignes d'eau scintillant à distance, puis de longs tapis d'absinthes et de mauves, des échappées infinies de plaine brûlée, de nouveaux palmiers, des mimosas nouveaux, un sol partout uniforme d'argile lourde, grasse, tenace, rayée par les ardeurs du soleil d'un réseau de fissures

(1) Olivier, médecin et naturaliste, dans son *Voyage dans l'Empire Othoman, l'Egypte et la Perse*, An 12, t. II, dit : « que les terres y sont un peu moins fertiles (qu'en Egypte), parce qu'elles ne reçoivent pas le limon des fleuves avec la même régularité que celles du Delta. Il faut nécessairement les arroser pour qu'elles produisent, et les garantir avec soin des inondations, qui sont ici dévastatrices, parce qu'elles sont trop subites et trop irrégulières. »

(2) G. Maspero : *Les Origines*, p. 551.

minces et profondes, d'où les arbrisseaux et les herbes sauvages jaillissent chaque année au printemps. Une pente presque insensible l'abaisse lentement du nord au sud vers le Golfe Persique, du levant au couchant vers le plateau d'Arabie. L'Euphrate s'y promène, indécis et changeant, entre des berges fondantes qu'il manie et remanie de saison en saison. La moindre poussée de son flot les entame, les crève, y perce des rigoles, dont la plupart s'empâtent et s'oblitèrent par le délayement de leurs bords, presque aussi rapidement qu'elles se sont ouvertes. D'autres s'élargissent, se prolongent, se ramifient, se transforment en canaux permanents ou en véritables rivières, navigables à leurs heures. Elles se rencontrent sur la rive gauche avec des bras détachés du Tigre, et, après avoir erré capricieusement dans l'entre-deux, rejoignent enfin leur fleuve : tels le Shatt-el-Haî et le Shatt-en-Nîl. Sur la rive droite, la déclivité les emmène aux collines calcaires qui ferment le bassin de l'Euphrate dans la direction du désert : ils s'arrêtent à leur pied, se déversent sur les bas-fonds et s'y égarent dans les bourbiers, ou se creusent à la lisière une série de lacs, dont le plus grand, le Bahr-Nedjîf, s'encadre sur trois côtés de falaises abruptes et s'enfle ou s'abaisse périodiquement avec la crue. Un large canal, qui prend naissance vers Hît, à l'entrée de la plaine d'alluvions, balaye leur trop-plein au passage, et, côtoyant les derniers ressauts de la montagne d'Arabie, s'écoule presque parallèle à l'Euphrate. A mesure qu'on s'en va vers le Sud, les terrains s'affaissent encore, s'imprègnent, se noient, les berges s'effacent et sombrent dans la boue. L'Euphrate et ses dérivés ne parvenaient pas toujours à la mer (1) : ils se perdaient la plupart du temps dans des lagunes immenses, où la mer montait à leur rencontre et aspirait leurs eaux dans son reflux. Les joncs y pullulent

(1) Les écrivains classiques notent ce fait à diverses reprises ; ainsi, au temps d'Alexandre (ARRIEN : *Anabase*, VII) et de ses successeurs (POLYBE, IX). PLINE (*Hist. nat.*) attribuait la perte du fleuve à des travaux d'irrigation exécutés par les habitants d'Ourouk.

en fourrés gigantesques qui atteignent 4 ou 5 mètres de taille (fig. 306, d'après un bas-relief du palais de Nimroud (1); des bancs d'une vase noire et putride émergent dans les clairières et dégagent des fièvres mortelles. L'hiver se fait sentir à peine : la neige est inconnue, le givre rare et léger, mais parfois, le matin, une mince pellicule de glace s'étend sur les marais, qui fond aux premiers rayons du soleil (2). Il pleut beaucoup pendant six semaines en novembre et en décembre, puis les ondées diminuent, s'espacent, cessent en mai, l'été s'établit et traîne jusqu'au novembre suivant. C'est presque six mois d'une chaleur lourde, humide, sans rémission, qui accable les hommes aussi bien que les animaux et les rend incapables de tout effort constant. Parfois le vent du sud ou de l'est se lève brusquement, et les tourbillons de sable qu'il chasse devant lui courent par dessus champs et canaux, brûlant en chemin ce qui avait échappé de verdure au soleil. Des nuées de sauterelles voyagent à leur suite et complètent leur œuvre. On entend d'abord comme un bruit de pluie

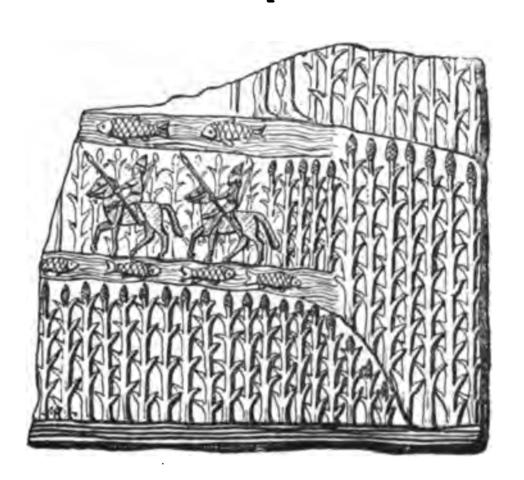


Fig. 306. — Les roseaux gigantesques de la Chaldée (Nimroud).

(1) Layard : *The Monuments of Nineveh* (2e série, pl. 27); ajoutons que J. P. Peters, *Nippur* (Expédition de l'Université de Pennsylvanie, 1890), dit que, d'après une inscription datant d'environ LX siècles, la Babylonie s'appelait Kengi, ou *pays des canaux et des roselières*.

(2) Loftus (*Travels and Researches in Chaldæa and Susiana*) attribue l'abaissement de la température pendant l'hiver au passage du vent sur un sol imprégné de salpêtre; « nous étions, dit-il, comme dans un immense appareil réfrigérateur ».

lointaine qui augmente à mesure qu'elles approchent. Bientôt leurs bataillons pressés emplissent l'atmosphère, la traversent à grande hauteur d'un vol lent et uniforme. Ils s'abattent enfin, couvrent tout, dévorent tout, s'accouplent et meurent en quelques jours ; rien ne subsiste où ils sont tombés (1) ».

D'une étude récente faite (2), à la demande du Gouvernement Ottoman, par un ingénieur francais, M. F. Chochod, pour l'amélioration du régime de l'Euphrate sur 290 kilomètres, de Hindieh (à 30 kilomètres en amont des ruines de Babylone) à Samawa, nous extrayons les notes suivantes : Le cours de l'Euphrate est très sinueux et change à chaque instant de lit par suite de la friabilité des berges. Dans la zone de Babylone, la pente moyenne n'est que de 0m103 par kilomètre ; cent kilomètres plus bas elle se réduit à 0m061 par kilomètre. De juillet à octobre, le débit est d'environ 300 mètres cubes par seconde et l'eau entraîne en moyenne 1 kilog. de matières solides (sable fin et argile) par mètre cube ; en aucune saison le fleuve est limpide ; pendant les crues, le débit est presque décuplé et le maximum est atteint de mars à avril ; à ce moment l'eau charrie jusqu'à 25 kilogs de matières solides par mètre cube. Dans les plus grandes crues observées le niveau de l'eau s'est exhaussé de 3m40 au-dessus de l'étiage. Les berges sont très élevées, d'une façon régulière, de sorte qu'il y a, en général, qu'une légère démarcation entre le lit mineur et le lit majeur et il suffit de faibles digues longitudinales pour protéger les terrains riverains contre les inondations. Les plaines de la Mésopotamie sont très plates et le sol ne peut être fécondé que par les irrigations dont l'eau est puisée dans les canaux dérivés du fleuve, et envoyée, de nos jours, à 500 mètres au plus de

(1) L'insecte ne serait pas à proprement parler une sauterelle, mais un criquet, l'*Acridium peregrinum*, qu'on rencontre fréquemment en Egypte, en Syrie et en Arabie.

(2) F. Chochod, ingénieur des Arts et Manufactures : *Projet de régularisation de l'Euphrate près de Babylone* ; *Génie Civil*, 10 mars 1906, p. 312.

leurs bords ; les cultures reçoivent, en général, trois arrosages de 200 mètres cubes chacun par hectare pendant les quatre mois d'hiver ; la hauteur moyenne d'élévation de l'eau, à l'aide des machines actuellement en usage, est de 3m80.

Au sujet de la pluviométrie de la région qui nous occupe en ce moment, les documents sont des plus rares et notre savant confrère, M. A. Angot, n'a pu nous fournir que les chiffres suivants relatifs à Bagdad (sur le Tigre, à une soixantaine de kilomètres au nord de Babylone qui est sur l'Euphrate), et à Bouchir sur le littoral nord du golfe Persique (1) :

	Hauteur moyenne de pluie, en millimètres	
Mois	Bagdad	Bouchir
Janvier	40	86
Février	63	64
Mars	49	22
Avril	30	15
Mai	7	1
Juin	0	0
Juillet	0	0
Août	3	0
Septembre	0	0
Octobre	1	3
Novembre	26	55
Décembre	50	94
Totaux	269	340

« Le climat de la Susiane, dit M. J. de Morgan (2), est en tous points semblable à celui de la Basse-Chaldée, très chaud en été (le thermomètre indique souvent 55° à l'ombre), il est tempéré pendant la saison froide. Les pluies de l'hiver

(1) Bien que Bouchir appartienne à une autre partie de notre *Histoire*, nous donnons ici les chiffres qui y sont relatifs pour montrer la variation pluviométrique du moyen cours du Tigre au golfe Persique.

(2) J. de Morgan : *Mission scientifique en Perse ; Etudes Géographiques*, tome II, p. 257.

et du printemps remplacent dans la plaine les neiges des montagnes du Louristân. »

« Les grandes chaleurs ne commencent que dans les premiers jours du mois de mai ; du moment où les pluies venant de cesser, apparaissent les vents du Sud-Ouest..... C'est alors que la température est la plus élevée : sous cette haleine brûlante, dont les Chaldéens de l'antiquité avaient fait leur ennemi le plus acharné (le démon du vent du Sud-Ouest), toute végétation jaunit, les hommes eux-mêmes ont peine à la supporter et tout le jour se cachent dans les caves..... Les mois de septembre et d'octobre sont, il est vrai, très chauds, mais on peut aisément supporter ces chaleurs, car les vents du Nord viennent tous les soirs rafraîchir la plaine, et les nuits sont fort agréables. »

« Pendant l'hiver (novembre, décembre, janvier et février), la température est la plus délicieuse qu'on puisse rencontrer. Journées et nuits sont fraîches et, bien que le thermomètre descende rarement au-dessous de + 5°, on a même l'impression du froid par comparaison avec les chaleurs qui viennent de cesser. Cette période est celle des pluies. »

« Dès la fin de février, au moment où les rivières s'enflent de la fonte des neiges, les pluies deviennent moins habituelles, mais de violents orages éclatent sans cesse. Dès lors, les nuages disparaissent peu à peu et bientôt le soleil en séchant les plaines ramène le vent du Sud-Ouest. »

« Pendant l'hiver et au printemps, la Susiane est le plus charmant pays qu'on puisse voir ; sous les pluies répétées, le sol s'est couvert de végétation : les champs de blé, d'orge, de riz, d'indigo, de tabac, de coton présentent un aspect verdoyant, les jardins regorgent de fruits et de légumes, les pâturages se couvrent de hautes herbes..... »

En Mésopotamie, selon Place, les pluies, presque constantes, durent de novembre à mars. Les chaleurs commencent en fin avril ou mai, pour se terminer en novembre ; pendant six mois il ne tombe pas une goutte d'eau de pluie ni de rosée, l'air est très sec et la température s'élève à 51° à

l'ombre, dans l'intérieur des maisons, tandis qu'au soleil elle atteint parfois 72°.

Dès le mois de mai les moissons sont terminées et, l'herbe étant grillée dans les pâturages, les troupeaux sont refoulés vers le Nord. En juillet-août règne le *Khamsin*, ou vent brûlant et poussiéreux ; cependant, autrefois le sol était cultivé, arrosé, humide, et il y avait de grandes étendues couvertes d'arbres fruitiers.

Les grands travaux de Génie Rural. — Administration de l'Hydraulique agricole.

D'importants travaux de Génie Rural furent entrepris par les premiers souverains du pays. « Quand toutes les terres sont mises en valeur, quand l'Euphrate et le Tigre sont soigneusement endigués, de beaux bois de palmiers en décorent les rives et celles des canaux qui s'entrecroisent en tous sens dans la plaine (1). Le regard s'arrête avec plaisir sur les panaches verdoyants qui surmontent les troncs élancés, sur ces riches bouquets de larges feuilles parmi lesquels jaunissent les tons ambrés des dattes mûrissantes. Sous cette ombre légère, les céréales, les plantes fourragères et les plantes d'agrément forment la trame variée d'un épais tapis de haute et voluptueuse végétation. Ailleurs, autour des tertres sur lesquels sont construits les villages, ce sont des vergers, dont les senteurs se répandent au loin dans la campagne ; partout les fruits d'or brillent au milieu du feuillage sombre et luisant de l'oranger. Pour effacer ce charme, il n'est même pas besoin des désastres et des ravages d'une longue suite de guerres ; il ne faut qu'un demi-siècle, un siècle tout au plus d'une mauvaise administration. Mettez à l'œuvre, l'un après l'autre, une vingtaine de pachas turcs ; ces gouverneurs et leurs subordonnés auront bientôt fait plus de mal que le passage et la rencontre de plusieurs armées. Il n'est

(1) G. Perrot et Chipiez : *Chaldée et Assyrie*, p. 11.

pas d'action aussi redoutable, aussi sûrement meurtrière dans sa continuité funeste, que celle d'une autorité paresseuse, ignorante et corrompue. »

De bonne heure les princes prévoyants de la Chaldée et de l'Assyrie avaient compris la nécessité des grands travaux; leurs ingénieurs du service de l'Hydraulique agricole les ayant conçus, voyons comment, selon Perrot (1), on procédait à leur exécution :

« Comme les Pharaons égyptiens, les souverains de la Chaldée travaillèrent avec intelligence et avec suite à mettre en valeur tout ce vaste domaine dont ils étaient les maîtres ; ils conduisirent de grandes entreprises d'utilité publique dont le souvenir s'est parfois conservé. Du jour où les premiers colons, à quelque race qu'ils appartinssent, s'étaient établis dans cette contrée, ils avaient dû se préoccuper de régulariser le cours des eaux ; il fallait profiter des crues pour former des réserves et tirer parti de la pente, si faible qu'elle fût, pour porter partout la sève nourricière. Les premiers groupes de cultivateurs s'étaient établis dans le voisinage immédiat du Tigre et de l'Euphrate; là, pour arroser les champs, il avait suffi de quelques coupures faites dans la berge du fleuve ; mais lorsqu'il s'agit de peupler et d'exploiter les cantons de l'intérieur, éloignés de l'une et de l'autre rive, la difficulté était plus grande ; il fallait tout un plan méthodique, tout un concert d'efforts bien dirigés par l'autorité publique. La royauté chaldéenne ne faillit point à sa tâche ; nous en avons la preuve dans les inscriptions d'Hammourabi, qu'a traduites et commentées M. Joachim Ménant (2). Le canal auquel ce roi se vante d'avoir donné son nom (3), le

(1) G. Perrot et Chipiez : *Chaldée et Assyrie*, p. 40.

(2) J. Ménant : *Inscriptions de Hammourabi, roi de Babylone*. Oppert : *Expédition Scientifique*, t. I

(3) Les souverains, dans leurs inscriptions, revendiquent toujours l'honneur de la conception comme de l'exécution des divers travaux ; nous verrons, dans le dernier paragraphe de ce Chapitre, comment il y a lieu d'interpréter ces textes, surtout si l'on considère, qu'à Paris, nous avons des ponts portant une plaque n'indiquant que le nom de Napoléon III, sous le règne duquel la construction a été faite, mais pas celui des Ingénieurs qui ont été chargés des études et des travaux.

Nahar Hammourabi, entretenu par les rois et réparé notamment par Nabuchodonosor, fit l'admiration d'Hérodote (1). C'était comme un gros tronc artériel d'où se détachaient, à droite et à gauche, de moindres branches, qui se ramifiaient à leur tour en veines plus ténues ; le vaisseau capillaire, dernier terme de cette division, c'était la petite rigole qui menait l'eau juqu'au pied de chaque palmier (?) et qui la versait goutte par goutte aux racines altérées... Aujourd'hui on retrouve les nombreux restes de grands travaux hydrauliques exécutés par ce vieil empire chaldéen, qui, depuis quelque vingt ans (à dater de 1884), commence à se dégager pour nous des ombres du passé. Quand le monde civilisé voudra reprendre possession de cette contrée, il lui suffira, pour y réveiller partout la culture et la vie, de rétablir et de maintenir dans son intégrité l'œuvre de ces contemporains d'Abraham et de Jacob. »

Comme nous l'avons vu pour l'Egypte, l'exécution des grands travaux publics devait se faire à l'aide de corvées dont les travailleurs étaient surtout composés de captifs. Les chantiers comprenaient probablement un certain nombre d'équipes de 7 ouvriers, ainsi que cela se pratique encore actuellement pour des terrassements à effectuer dans les mêmes terres, et, selon ce que nous trouvons dans une étude de V. Scheil (2), chaque équipe comprend :

1 piocheur,
2 pelleteurs,
4 porteurs de couffins.

On voit qu'il s'agit de terres dont nous désignons la faible ténacité, dans les leçons de terrassements, sous le nom de terre à un homme et demi ; il faut 2 porteurs par pelleteur, par suite du mode primitif de transport encore usité de nos jours dans le pays qui nous occupe.

(1) *Hérodote* I.

(2) V. Scheil : *Une saison de fouilles à Sippar*, p. 6, dans les *Mémoires publiés par les Membres de l'Institut français d'Archéologie orientale du Caire, sous la direction de M. E. Chassinat ;* Le Caire, 1902.

Endiguement des cours d'eau. — Digues longitudinales insubmersibles ; digues transversales submersibles.

La légende raconte qu'à l'aube des temps historiques un roi ninivite, appelé Ninos, avait conquis la Babylonie, la Médie, l'Arménie, la Bactriane et était maître des contrées qui s'étendent de l'Inde à la Méditerranée; au siège de Bactres il découvrit dans la tente d'un de ses généraux une femme d'origine mystérieuse, Sémiramis, fille d'un simple mortel et d'une déesse, la Derkétô d'Ascalon. Ninos se débarrassa peu proprement du mari et fit de Sémiramis son épouse préférée, ce qui n'empêcha pas qu'il fut assassiné par elle. Une fois reine, Sémiranis, toujours d'après la légende, fonda Babylone sur un meilleur plan que Ninive, endigua l'Euphrate sur un parcours de 160 stades, réunit les deux rives par un pont, et, tout en faisant la guerre avec ses voisins, ouvrit de larges routes, établit de nombreux canaux et inscrivit sur une stèle, entre autres choses : « J'ai contraint les rivières à couler où je voulais, et je n'ai voulu qu'aux lieux où cela était utile; j'ai alors fécondé le sol stérile en l'irriguant de mes fleuves... » Selon Maspero, Ninos et Sémiramis, racontés par Diodore de Sicile d'après les récits de Ctésias, appartiennent au mythe, et leurs hauts faits doivent être relégués, comme ceux d'Ishtar et de Gilgamès, au rang des fables dont l'épopée babylonienne avait animé les temps antérieurs de l'histoire (1).

Que ce soit Sémiramis ou tout autre chef, il a fallu une volonté forte et capable pour effectuer les grands travaux de Génie Rural et les entretenir en bon état; ce devait être l'œuvre de toute une Administration spéciale placée entre les mains des prêtres, lesquels, comme en Egypte, avaient compris la puissance que l'Agriculture peut assurer aux temples, la stabilité aux Etats et l'influence prépondérante qu'elle est seule capable d'exercer sur les destinées des Pays.

(1) Fr. Lenormant : *La légende de Sémiramis*, 1872.

De nombreux textes parlent de « longues chaussées encaissant le Tigre pour en modérer le cours et pour en maîtriser en partie les crues périodiques (1) » ; c'est probablement à ce terme de chaussées qu'il faut rapporter celui des fameuses *chaussées de Sémiramis*, qu'on a souvent pris comme indicatif de voie, de chemin ou de route, alors qu'il signifie des digues (qu'on désigne encore en France (2) sous le nom de chaussées). Il doit s'agir ici de digues longitudinales insubmersibles, analogues à celles que nous avons examinées dans la vallée du Nil (3) et à celles qu'on voit sur certaines rives de la Loire. Il est probable que la coupe transversale des cours d'eau peut se représenter par la figure 307,

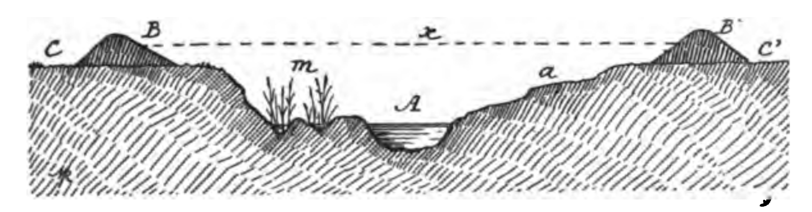


Fig. 307. — Coupe en travers du fleuve.

dans laquelle le lit mineur A contient le fleuve à l'étiage ; en temps de crue, le niveau s'élève jusqu'en *x* et la zone inondée est limitée par les chaussées ou digues insubmersibles B et B', à l'abri desquelles s'établissent les cultures C et C'. Des marais garnis de roseaux devaient se trouver en *m*, alors que la partie supérieure du lit majeur *a* ne pouvait être occupée que par des pâturages.

(1) Jaubert de Passa : *Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens*, 1re partie, p. 19-20.

(2) Selon É. Littré, *Dictionnaire de la Langue française*, chaussée signifie remblai de terre sur le bord d'une rivière pour contenir l'eau ; construction qui dans un étang sert à arrêter l'eau.

La Chaussée d'Antin, sur laquelle est établie actuellement la rue de ce nom, à Paris, était l'ancienne digue d'un étang; on trouverait également de nombreux exemples analogues en province.

(3) Voir la partie de notre essai consacrée à *L'Egypte*, chapitre III, *Hydraulique agricole*.

En certains points de son cours supérieur, le Tigre est fréquemment coupé par des barrages submersibles qui interceptent toute navigation régulière (depuis le lieu actuellement dénommé Tékrit, à Diarbékir). « Dans l'état où se trouvent ces barrages aujourd'hui, dit Place (1), il est difficile de dire s'ils sont naturels ou artificiels : pour quelques-uns cependant le doute n'est pas possible, on y aperçoit, au moment des basses eaux, les vestiges d'antiques constructions. J'ai cherché la cause exacte de ces étranges travaux, dont le premier résultat est d'entraver la navigation, et je les crois dus à la nécessité d'arroser le sol, dans un pays privé de pluie et de rosée pendant la moitié de l'année. Hérodote, parlant de la fabuleuse fertilité de l'Assyro-Chaldée, l'attribue en grande partie aux irrigations pratiquées dans toute la contrée ; il dresse même, à cette occasion, une statistique des canaux qui fonctionnaient de son temps. Sa description, il est vrai, s'applique plus spécialement à la Chaldée ; mais de nombreuses analogies de races et d'habitudes, entre les Assyriens du Nord et ceux du Sud, autorisent à penser que les irrigations du sol n'étaient pas moins en usage sur le territoire de Ninive que sur celui de Babylone. Les nombreux barrages du Tigre avaient donc eu pour but de retenir et d'élever les eaux dans les bassins successifs, d'où, à l'aide de saignées, elles étaient distribuées aux terres riveraines. En plusieurs endroits, j'ai observé les traces d'anciens canaux dont l'ouverture s'amorçait en haut de ces bassins ; dans quelques villages, les fellahs ont conservé le vague souvenir d'un procédé d'arrosement qui aurait jadis fécondé leurs champs, et ils montrent des tronçons de conduites et de rigoles auxquels ils attribuent cette destination. Ce système, qui consistait à utiliser sur une vaste échelle les eaux d'un grand fleuve, serait bien en rapport avec les proportions de la puissance ninivite ; mais les travaux assyriens ayant été délaissés, il n'en reste plus aujourd'hui que les inconvénients... » pour la

(1) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. II, p. 133.

navigation qui n'est pratiquable qu'à la descente et à l'aide de radeaux soutenus par des outres remplies d'air, dont nous avons parlé dans le chapitre précédent (fig. 303, 304 et 305).

La coupe en long du fleuve peut donc se présenter comme l'indique la figure 308; en un point y se trouve une digue submersible a élevant dans le bief amont A le plan d'eau x d'une quantité suffisante pour alimenter le canal C, à très faible pente, conduisant les eaux en i; le canal se divise en

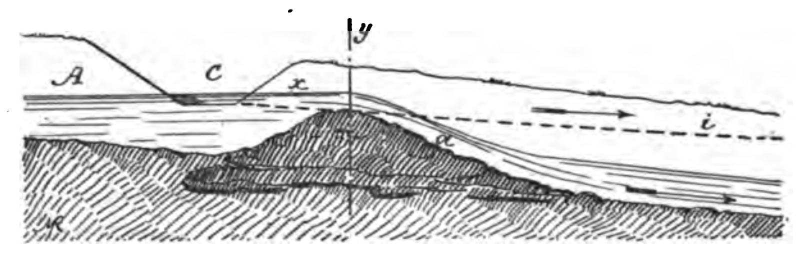


Fig. 308. — Coupe en long du fleuve.

plusieurs branches chargées chacune de desservir un canton; mais, par suite de la pente très faible du terrain, ces canaux ne devaient probablement pas envoyer directement les eaux sur les cultures; il semble, en effet, d'après des textes dont nous parlerons plus loin, que les canaux bordaient les champs entourés de digues et que la plus grande partie des eaux d'irrigation étaient élevées à une faible hauteur par un travail manuel.

Canaux d'irrigation.

Les documents historiques nous indiquent, presque à chaque règne, les grands canaux d'irrigation (1) ouverts par les souverains ou mis de nouveau en service; nous ne croyons pas utile d'en dresser la liste qu'on peut retrouver en étudiant l'Histoire politique de l'Elam, de la Chaldée et de

(1) Beaucoup de ces canaux servaient en même temps à la navigation.

l'Assyrie. — Il semble que, jusqu'à l'époque de l'invasion des Mongols et des Tartares, tous ces canaux ont été plus ou moins bien entretenus ou utilisés suivant les périodes de paix, pendant lesquelles florissait l'Agriculture, et les périodes de troubles dues aux invasions des peuples voisins, facilitées par la médiocrité de ceux qui tenaient le pouvoir.

Dans une de ses notices, M. François Thureau-Dangin (1) donne le fragment d'une tablette (fig. 309) représentant le plan *a b*, *c d* du canal Louma-dim-shar, qui n'est autre que celui qu'Eannadou déclare avoir creusé ainsi que l'indique le passage suivant (2) : « Pour le dieu Nin-Ghirsou, il fonda le canal Louma-dim-shar, et le lui consacra ; Eannadou, doué de force par Nin-Ghirsou, construisit le réservoir de Louma-dim-shar, d'une contenance de 3.600 gour d'eau. »

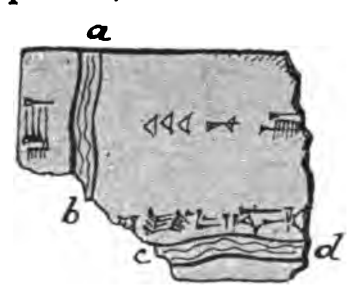


Fig. 309. — Fragment de brique portant le plan du canal de Louma-dim-shar.

Les Elamites avaient également construit de nombreux canaux, dont on rencontre les vestiges aux environs de Suse, au milieu de la plaine aujourd'hui desséchée et aride. Le P. Scheil (3) a montré qu'un des fameux patési élamites, appelé Karibou cha Chouchinak (qui vivait vers 3000 avant notre ère), fit élever un temple et des stèles dont une nous apprend qu'il a construit des bassins et creusé le canal de Sidour ; un des successeurs de ce prince, Atta pakchou, se vante d'avoir construit un pont, etc. Nous n'avons pas pu nous procurer de document relatif à la construction des *ponts* de cette époque (on en trouve plus tard, au IXe siècle avant notre

(1) François Thureau-Dangin : *Un cadastre Chaldéen*, dans la *Revue d'Assyriologie et d'Archéologie orientale*, vol. IV, n° 1, 1897, p. 13-27.

(2) Ce passage se trouve sur le galet A de Goudéa col. V, l. 16-20.

(3) J. de Morgan : *La Délégation en Perse*, p. 109-110.

ère, dans les reliefs des Portes de Balawât (1) ; peut-être (c'est une hypothèse de notre part) que l'idée du pont, c'est-à-dire d'un ouvrage facilitant le passage d'un cours d'eau, peut s'appliquer à ce que nous appelons un *gué*, qu'Atta pakchou aurait établi en matériaux résistants.

Anzan et l'Elam tombèrent sous le joug de Dounghi, roi d'Our ; à ce moment Goudéa était patési de Sirpoula et Karibou-cha-Chouchinak patési de Suse ; « malgré son asservissement, dit M. J. de Morgan (2), l'Elam se développait, les eaux empruntées au fleuve Kerkha irriguaient les campagnes des environs de Suze, grâce à de vastes réseaux de canaux dont on retrouve les traces, non seulement dans les textes, mais aussi sur le sol. »

Pour donner une idée des travaux d'Hydraulique agricole entrepris par les ingénieurs du premier empire Chaldéen, nous citerons le texte suivant de Maspero (3), relatif à l'histoire de Khammourabi, dont le règne aurait duré de 2287 à 2232 avant notre ère ; Khammourabi supprima les Elamites et tous les petits Etats pour ne faire qu'un royaume unique sous une unique dynastie ; il construisit à Babylone un grenier à blé « dont la vue seule réjouissait à jamais le cœur du dieu Mardouk..... Le régime des eaux exigeait une attention de tous les instants, et les rois l'avaient surveillé dès le début avec une sollicitude réelle ; mais le morcellement du sol en petits Etats, et l'insuffisance de leurs ressources les avaient toujours empêchés de combiner les opérations d'ensemble qui seules étaient capables de maîtriser les inondations et de remédier efficacement à leur excès ou à leur faiblesse. Hammourabi vit l'une de ses provinces, l'Oumliyash, bouleversée par une de ces trombes formidables qui, de nos jours encore, s'abattent parfois sur les régions du Bas-

(1) Dans la figure 182, deux soldats portent des pierres pour les placer simplement les unes à la suite des autres dans le lit d'un ruisseau que doit traverser l'armée.

(2) J. DE MORGAN : *Histoire et travaux de la Délégation en Perse, 1897-1905*, p. 78.

(3) MASPERO : *Les premières mêlées des peuples*, p. 43.

Tigre (1); est-ce pour en prévenir le retour qu'il entreprit ses grands travaux ? Le premier, à notre connaissance, il essaya de coordonner les divers réseaux de fossés ou de rigoles qui émaillaient le territoire des cités et de les ajuster en un système unique de Babylone à la mer (2). Siniddinam avait déjà, plus d'un demi-siècle auparavant, élargi le canal qui baigne Larsam (3), et Rimsin avait conduit le *Fleuve des Dieux* jusqu'au golfe Persique (4). Les deux, se soudant bout à bout, constituaient entre l'Euphrate et les marais une sorte de rivière navigable par laquelle le trop-plein s'écoulait. Hammourabi nous apprend lui-même comment..... « il creusa le Nâr-Hammourabi, la richesse du peuple, qui apporte l'abondance d'eau au pays de Soumir et d'Accad. Je changeai ses deux rives en cultures, j'amoncelai les tas de grain et je fournis les eaux perpétuelles pour le peuple de Soumir et d'Accad...,. ». Ce canal d'Hammourabi naissait sur la rive gauche de l'Euphrate, un peu au sud de Babylone, et, raccordant ceux de Siniddinam et de Rimsin, il coupait probablement la plaine d'alluvions d'une extrémité à l'autre (5). Il drainait en même temps les marais qui croupissaient sans issue et permit aux riverains de mettre en

(1) Meissner : *Beiträge zum altbabylonischen Privatrecht*, contrats datés de l'année où une inondation ravagea l'Oumliyash. — Au siècle dernier, l'inondation du 10 avril 1831 détruisit en une seule nuit la moitié de la ville de Bagdad et noya ou ensevelit sous les ruines de leurs maisons près de 15.000 personnes !

(2) Le Père Delattre : *Les travaux hydrauliques en Babylonie.*

(3) Delattre ; Rawlinson : *Cuneiform Inscriptions of Western Asia*, t. I ; G. Smith ; *Early History of Babylonia* dans les *Transactions* de la Société d'Archéologie Biblique, t. I. Cylindre traduit et publié par Fr. Delitzch : *ein Thonkegel Siniddinam's* dans les *Beiträge zur Assyriologie*, t. I.

(4) Meissner : *Beiträge zum altbabylonischen Privatrecht*, contrat daté « de l'année où l'on creusa le Tigre, fleuve des dieux, jusqu'à la mer. » — Smith : *Early History of Babylonia (Transactions* de la Société d'Archéologie Biblique).

(5) Delattre : *Les travaux hydrauliques en Babylonie*, pense que c'est l'Arakhtou des époques postérieures (Fr. Delitzsch : *Wo lag das Paradies ?*) qui commençait à Babylone, et qui allait rejoindre le canal de Larsam. Ce serait donc à peu près le Shatt-en-Nil d'aujourd'hui, qui s'unit, en effet, au Shatt-el-Kaher, le canal de Siniddinam.

valeur des terrains jadis perdus pour la culture. Un canal de moindre importance (Nâr-Malka) perça, au voisinage de Sippar, l'isthme qui séparait le Tigre de l'Euphrate (1). « Hammourabi ne dut pas en rester là, ajoute Maspero, et des lignes secondaires complétaient bien certainement le système d'irrigation qu'il conçut : ses successeurs n'eurent guère qu'à entretenir son œuvre pour conserver à leur empire une prospérité sans égale..... Ils n'y faillirent point. »

Maspero (2) dit qu'Assournazirabal fit une dérivation du Zab (3) : « Un tunnel pratiqué dans la falaise, vers l'endroit qu'on appelle aujourd'hui Négoub, capta une veine abondante de la rivière et l'emmena, sous terre d'abord, puis bientôt à ciel ouvert, jusqu'au pied de la plateforme (de Kalakh) ; des digues y réglaient la pente du courant, des coupures ménagées aux berges détournaient le surplus au profit de l'irrigation (4). On nomme l'aqueduc *Bâbilat-higal* (le porteur de l'affluence (5) et, pour justifier ce titre, on planta partout sur le trajet des dattiers, des vignes, des arbres fruitiers de vingt espèces ; les deux rives offrirent bientôt l'aspect d'un verger ombreux semé de bourgs et de villas ».

Selon les uns (6), les nombreux canaux de la Mésopotamie,

(1) Winckler-Strassmayer : *Einige neuveröffentliche Texte Hammurabis, Nabopolassars, und Nebucadnezars*, dans *Zeitschrift für Assyriologie*, t. II, cylindre de Hammourabi. — Delattre ; Meissner ; le creusement du canal est mentionné dans la date d'un contrat.

(2) Maspero : *les Empires*, p. 48-49.

(3) *Annales d'Assournazirabal*, col. III, lig. 135 ; *Inscription du Monolithe*, col. I, lig. 5-10 ; cf. Peiser.

(4) *Négoub* signifie *trou* en Arabe. — Le canal de Négoub a été découvert et décrit par Layard (*Nineveh and its Remains*, t. I, p. 80-81 ; *Nineveh and Babylon*, p. 525-527) puis par Jones (*Topography of Nineveh* ; dans le J. R. As. Soc., t. XV, p. 310-311 ; 342-343). Le Zab s'étant déplacé vers le sud, et ayant creusé plus profondément son lit, la double arche qui sert d'entrée au canal est actuellement au-dessus du niveau ordinaire et ne dérive plus les eaux qu'au moment des crues.

(5) *Inscription du Monolithe*, col. I, lig. 6-7 ; dans les *Annales d'Assournazirabal* (col. III, lig. 135) le nom est donné sous la forme de *Pati-higal*.

(6) Zosime, III ; Ammien-Marcellin, XXIV, 1, fait mention des écluses en maçonnerie, très solides, établies sur l'Euphrate et sur les canaux pour

larges de 10 à 20 mètres, avaient des écluses, des barrages et des vannes, alors que d'autres contestent l'existence de ces écluses au sujet de la construction desquelles nous n'avons pas trouvé de document positif. Disons cependant que V. Scheil (1) dans ses fouilles de la ville de Sippar (2) près de Babylone, à l'endroit où l'Euphrate, c'est-à-dire le *Fleuve de la Grande Plaine Solaire*, est le plus rapproché du Tigre, et où un canal d'une largeur de 20 mètres réunissait les deux cours d'eau, a retrouvé de multiples canaux qui irrigaient la plaine, le canal d'enceinte, et l'*apparu*, creusé par Khammourabi, sorte de marais ou roselière qui gardait le mur de défense. « Je croirais volontiers, ajoute V. Scheil, qu'il existait une porte-écluse sur le côté de l'enceinte, baigné par le canal, pour inonder et fertiliser, en temps de paix, l'espace vide autour de la vaste terrasse où était la ville proprement dite, ou pour défendre les abords en temps de guerre, après que l'ennemi occupait l'enceinte. La baie par où les eaux durent pénétrer existe encore. » Ces écluses, dont nous n'avons trouvé aucune représentation sur des sculptures, pouvaient très bien être simplement en terre pilonnée entre deux murs formant pieds-droits reliés par un radier en briques cuites jointoyées au bitume ; suivant les besoins on enlevait ou on remettait la terre formant barrage ; nous trouverons ce procédé employé dans l'Inde et nous avons eu recours à un dispositif analogue pour l'alimentation intermittente d'un lavoir afin de ne pas nous astreindre à la construction d'une vanne. Sur un cylindre, trouvé par V. Scheil dans une maison privée de Sippar (3), l'inscription, en Sumérien, porte entre

régler la distribution des eaux, mais ces ouvrages, dont la rupture fut désastreuse à l'armée de l'empereur Julien, ont pu être construits par les Perses ; dans ce cas ils appartiendraient à une autre division de notre *Essai d'Histoire*.

(1) V. Scheil : *Une saison de fouilles à Sippar*, p. 23, dans les *Mémoires publiés par les membres de l'Institut français d'Archéologie orientale du Caire, sous la direction de M. E. Chassinat ;* le Caire, 1902.

(2) Appelée actuellement Abou-Habba, c'est-à-dire *Père du blé*.

(3) Ce document se trouve au Musée de Constantinople.

autre : « Moi Khammourabi..... je creusai le canal de Sippar, et l'amenai à Sippar, et lui construisit un quai protecteur..... » ; c'est cette indication de *quai* qui nous fait penser à une maçonnerie et par suite à la disposition que nous venons de proposer pour les écluses. Enfin, dans le même travail de V. Scheil (1), nous voyons, qu'à la suite de troubles, Sippar après être restée fidèle à Ninive, dut se rallier à Babylone avec Nabopolassar vainqueur, alors « le canal UD-KIB-NUN-KI creusé par Hammourabi, s'était, faute de curage, comblé peu à peu ; les eaux n'y circulaient plus ou avaient pris une autre direction. Nabopolassar refit son lit et ramena son cours bienfaisant, *les bonnes eaux de fertilité*, à Sippar. Comme Hammourabi, il rendit solides ses berges avec des briques (cuites) et de l'asphalte, et en face du temple de Samas, il y eut un quai de débarquement » (ce qui montre que ce canal servait à la navigation). Nabuchodonosor II, fils aîné de Nabopolassar, continua les grands travaux à Sippar à en juger par le nombre considérable de briques portant son estampille qu'on trouve encore, bien qu'on les utilise actuellement comme matériaux de construction ; ce roi Babylonien relia le Tigre à l'Euphrate par la *muraille de Médie* (2) qui s'appuyait sur Sippar, répara le barrage de Dura (3), qui envoyait les eaux du Tigre (sur la rive gauche, à l'est d'Oupi) dans un canal long de 250 à 300 kilomètres, dont les 70 premiers étaient creusés dans un sol dur (de Dura à la rivière de l'Adhim) ; à 120 kilomètres environ de Dura, le canal rencontrait la rivière du Diyâléh qu'il dérivait ; d'après les plans actuels des restes de ce canal (appelé Nâr-wan, c'est-à-dire *le Nourricier*), la zone irriguable pouvait varier de 15 à 50 kilomètres de chaque côté ; on croit que ce canal se prolongeait encore sur 150 kilomètres environ.

(1) Page 72.

(2) W. WILLCOKS : *Ancient Irrigation Works on the Tigris*, croit que la *Muraille de Médie* était la berge d'un canal.

(3) Le barrage de Dura fut partiellement détruit par les troupes d'Alexandre.

Nous donnons dans la figure 310 la carte des principaux canaux actuellement connus.

Strabon déclare que « pour pratiquer tous ces canaux on



Fig. 310. — Carte des principaux canaux de la Chaldée.

Légende (les noms actuels sont entre parenthèses) :

T Idiglat (Tigre).
E Bourattou (Euphrate).
N Nâr-Malka.
B (Babylone).
A Arakhtou (?)
J Bahr-Nedjif.
P Nâr-Pallakout.
H Nâr-Khammourabi.
S Shourappou.
R Nâr-Marratoum (Golfe Persique).
o Oupi.
d Dour Kourigalzou.
b (Bagdad).
s Sippar (Abou-Habba).
x Dour-Ilou (?)
t Kouta (Tell Ibrahim).
k Kishou (El Ohaimir).
c Barsip (Birs Nimroud).
n Nippour (Niffer).
i Nishin (Djokha).
h Lagash (Tello).
m Marou (Tell Edé).
u Ourouk (Warka).
l Larsam (Senkéréh).
r Ourou (Moughéir).
e Eridou.

a eu besoin d'une grande dépense de main-d'œuvre, car la terre est profonde et molle, et elle cède au point d'être facilement charriée par les courants. C'est pourquoi si l'on n'y prend garde, les canaux et les embouchures ne tardent pas à

se combler, et les campagnes deviennent stériles, car les eaux en abondance sortent de leurs lits à moitié bouchés et se répandent de nouveau sur les plaines, où elles forment des lacs et des lagunes. Le curage des canaux est donc un travail indispensable, mais qui exige beaucoup de bras. »

Nous n'avons pas trouvé de documents relatifs au profil en travers des canaux A (fig. 311) dont les talus *t* ont

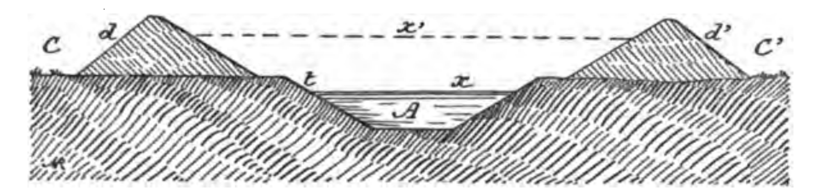


Fig. 311. — Coupe transversale d'un canal.

dû avoir une faible inclinaison imposée par la nature des terres; le déblai, rejeté à droite et à gauche, devait former les digues *d* et *d'*, limitant les champs C et C' tout en les protégeant des inondations dans le cas d'une élévation du plan d'eau *x* ; nous indiquerons au paragraphe suivant des articles du code de Khammourabi qui nous font supposer l'existence de ces digues *d* et *d'* (article 53); en temps de crue, ou dans certaines zones privilégiées, l'eau atteignant le niveau *x'* on pouvait alors ouvrir une saignée ou rigole dans la digue pour irriguer facilement les cultures (articles 55 et 56 du code de Khammourabi).

Comme les assyriologues, nous avons toujours parlé, jusqu'à présent, de *canaux d'irrigation* ou de *canaux d'arrosage* que les traducteurs des textes indiquent à de très nombreuses reprises. S'agit-il, d'une façon générale, de canaux d'irrigation tels que nous les entendons aujourd'hui? nous ne le croyons pas. — Actuellement, nous désignons par canal d'irrigation un ouvrage dont le plafond, ou tout au moins le plan d'eau, se trouve à un certain niveau au-dessus du sol cultivé sur lequel, à l'aide de prises, l'eau peut se répandre par la gravité. Il nous semble, d'après les déduc-

tions suivantes, que cette condition n'est pas remplie pour la plus grande partie des canaux du pays si plat qui nous occupe.

Nous savons que les fleuves de la Mésopotamie s'écoulent dans une alluvion très fine et que leurs eaux sont toujours chargées de matières en suspension (de 1 à 25 kilogrammes de limon par mètre cube d'eau, pour l'Euphrate, suivant la période considérée d'étiage ou de crue); or, dans de telles circonstances, un cours d'eau ne se trouve jamais dans le thalweg de la vallée; par ses atterrissements successifs, il remblaye cette dernière au milieu et circule, en divaguant, à la partie supérieure d'un dos d'âne, laissant à droite et à gauche, aux pieds des coteaux, des petits thalwegs latéraux.

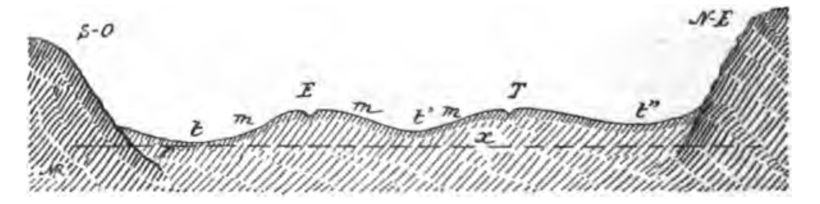


Fig. 312. — Profil en travers de la vallée.

Nous pouvons donc, d'après les cartes géographiques, tenter de tracer la coupe en travers de la vallée, du Sud-Ouest au Nord-Est (fig. 312); l'Euphrate E et le Tigre T ont leurs lits au-dessus du niveau *x* et les thalwegs secondaires sont en *t*, *t'* et *t''*. Ce qui semble encore justifier la coupe transversale que nous donnons dans la figure 312, et que nous n'avons pas encore vue publiée, c'est que des marais nombreux sont situés en *m*, tantôt sur l'une, tantôt sur les deux rives des fleuves et à une certaine distance; or, les vestiges des canaux, dits d'irrigation, indiqués sur les cartes (fig. 310), sont figurés vers les points *t* et *t'* de notre coupe transversale (fig. 312), c'est-à-dire que ces canaux avaient surtout pour but de *drainer* la vallée, d'*assécher* les marais et, d'une façon générale, ne pouvaient pas envoyer directement, par la

pesanteur, l'eau sur les terres cultivées. Le tracé rectiligne de ces canaux, par opposition aux nombreux méandres des fleuves (qu'on distingue bien sur la figure 310) et la faible vitesse d'écoulement de leur eau, facilitaient du même coup, et en tous temps, la *navigation* dans les deux sens alors que les embarcations ne pouvaient pas, ou pouvaient difficilement remonter le cours des fleuves, au moins à certaines époques de l'année. Il était facile, sur ces canaux, de haler à la corde les embarcations étudiées dans le chapitre précédent ; cette manœuvre devait être familière, car on voit un grand nombre d'hommes tirant, par des cordes, les traîneaux chargés des taureaux sculptés de Koyoundjik (fig. 287).

Nous croyons donc que les canaux dont nous parlons étaient avant tout destinés à la navigation et aux dessèchements ; des ramifications amenaient les eaux aux bords des champs mais, au moins pendant une grande partie de l'année, pour l'irrigation proprement dite, on devait élever cette eau d'une certaine hauteur et nous avons déjà vu que cette dernière ne dépasse pas 4 mètres dans la vallée de l'Euphrate.

Aux époques prospères, alors que la vallée était un immense verger, il faut remarquer qu'on n'avait pas besoin d'élever les eaux pour l'arrosage des arbres ; il suffisait que ces derniers soient plantés aux endroits où la nappe d'infiltration de ces canaux se trouve à une certaine distance en dessous de la surface du sol (1 mètre 50 à 2 mètres ; on en a de nombreux exemples en Algérie : oasis de Tolga, de Foughala, de l'El-Oued, etc.). Les plantations de palmiers-dattiers et d'arbres fruitiers garnissaient ainsi les deux rives des canaux en favorisant la dissémination des populations rurales.

A leurs débuts, les canaux ont dû être tracés suivant le profil *a*, *b*, *c* (fig. 313), le déblai *b* étant rejeté à droite et à gauche, en *a* et en *c*, de sorte que le plafond se trouvait en dessous de la surface *x* du sol ; les atterrissements en *b* exhaussaient le fond du canal et, lors des curages, on devait

porter la vase au plus près, en *a'* et en *c'*, en élargissant ainsi tout en surélevant les digues latérales. Des saignées *b'*, dont les déblais étaient utilisés pour confectionner des



Fig. 313. — Modifications de la section transversale d'un canal.

digues *d*, conduisaient les eaux à une certaine distance du canal, au pied des champs et, lorsque les besoins s'en faisaient sentir, on élevait « à force de bras » (1) ces eaux pour les envoyer aux plantes.

Irrigations.

Les documents sur la technique des irrigations nous font défaut. Ninib était le dieu des agriculteurs ; avec son double, Ninghirsou (2), ils représentaient la culture, la fertilité, en un mot la terre arable : *homme de Ninib*, signifiait un agriculteur, un homme des champs (3). La déesse Ishtar (4), représentant la terre à la fin de l'hiver, avait pour amant le dieu Doumouzi couvrant, au printemps, le sol d'une végétation devant se flétrir au commencement de l'été ; Esharra était la déesse des moissons qui ne pouvaient être obtenues qu'à l'aide de la déesse Damkina, représentant l'eau nécessaire aux plantes.

Le code des Lois de Khammourabi (5) mentionne les irrigations à diverses reprises, surtout au sujet des pénalités

(1) Selon un passage d'Hérodote, dont nous parlons au paragraphe suivant.

(2) JENSEN : *Die Kosmologie der Babylonier*, p. 197, 225, 227, 480. — MASPERO : *Les Origines*, p. 645, note 2.

(3) A. JEREMIAS : *Izdubar-Nimrod*, p. 46, note 16. — MASPERO : *Les Origines*, p. 576, note 3.

(4) MASPERO : *Les Origines*, p. 646.

(5) V. SCHEIL : *La Loi de Hammourabi*, p. 12, 13, 14.

à appliquer au métayer peu soigneux : « — 53, si un homme, négligeant à fortifier sa digue, n'a pas fortifié sa digue, et si une brèche s'est produite dans sa digue, et si le canton a été inondé d'eau, l'homme sur la digue de qui une brèche s'est ouverte, restituera le blé qu'il a détruit (1). — 54, s'il ne peut restituer son blé, on vendra sa personne et son avoir pour de l'argent, et les gens des cantons dont l'eau a emporté le blé se partageront. — 55, si un homme a ouvert sa rigole pour irriguer, puis a été négligent, si le champ limitrophe est inondé d'eau, il mesurera du blé selon le rendement du voisin. — 56, si un homme a ouvert la voie d'eau, et si la plantation du champ voisin est inondée, il mesurera 10 *gour* de blé par 10 *gan* de superficie ». Mais aussi on admettait les cas de force majeure : « — 48, si un homme a été tenu par une obligation productive d'intérêt, et si l'orage a inondé son champ et emporté la moisson, ou si, faute d'eau, le blé n'a pas poussé dans le champ — dans cette année, il ne rendra pas de blé au créancier, trempera dans l'eau sa tablette, et ne donnera pas l'intérêt de cette année ».

Les champs, nivelés, étaient entourés de petites digues ; il y a tout lieu de supposer que les cultures étaient sillonnées de rigoles et qu'on pratiquait l'*irrigation par infiltration* encore appelée *irrigation à la raie ;* nous verrons plus loin que des seaux à bascule, mus par des esclaves, et peut-être d'autres machines, au sujet desquelles nous n'avons pas encore trouvé de documents positifs, puisaient incessamment l'eau dans les canaux pour la déverser sur les champs ; la dénivellation, actuellement, ne dépasse pas quatre mètres lors des basses eaux. Ici, nous n'avons plus les mêmes conditions qu'en Egypte et tout porte à croire que beaucoup de cultures, à l'époque que nous étudions, étaient arrosées, au sens propre du terme, à partir de la fin de l'hiver ;

(1) Le maximum de la crue correspondant à l'époque de la récolte des céréales, cela explique l'article 53.

d'ailleurs, plus tard, Hérodote (1) nous dit « qu'en Assyrie, l'eau du fleuve nourrit la racine du grain et fait croître les moissons, non comme le Nil, en se répandant dans les campagnes, mais *à force de bras* et au moyen de machines à élever l'eau ».

Les pluies des mois de novembre, décembre, janvier et février assuraient la levée des semis et la croissance des plantes qui nécessitaient pendant cette période relativement peu d'arrosages, qu'on devait augmenter en mars et en avril. Les grandes chaleurs commencent en mai, à la fin des pluies, et c'est à ce moment que l'irrigation devait être active pour certaines plantes autres que les céréales récoltées en mai; fort heureusement pour les agriculteurs, le grand besoin d'eau coïncidait ainsi avec les crues des fleuves qui commençaient en mars et battaient leur plein vers le 10 mai pour le Tigre et à partir de la fin de mai pour l'Euphrate : la crue, refoulant le niveau des eaux dans les canaux de dérivation, diminuait la hauteur à laquelle on devait élever l'eau pour l'envoyer sur les cultures et facilitait ainsi le travail permettant d'irriguer une assez grande étendue avec des machines simples actionnées par des hommes.

Les irrigations appliquées de mars à novembre à certaines cultures permettaient d'obtenir deux récoltes par an ; actuellement, pour ce motif, les environs de Mossoul ont reçu le nom de *plaine aux deux printemps* (2).

Nous ne connaissons rien, pour l'instant, de ce qui est relatif aux autres détails des irrigations : disposition des rigoles d'arrosage, volume d'eau employé suivant les cultures, soins d'entretien, etc.; nous ne pouvons donc pas en parler. sinon il nous faudrait faire des suppositions risquant d'être détruites demain par la découverte de nouveaux documents ; puis cela ne rentre pas dans notre programme : de même que nous n'avons d'avance, pour chaque peuple,

(1) Hérodote, I. 193.
(2) V. PLACE : *Ninive et l'Assyrie*. t. I. p. 14.

aucun parti-pris de formes, de méthodes ou de procédés suivis, nous ne voulons réunir que ce qui est actuellement acquis sur les populations de différents pays à des époques dont les limites sont déterminées. Enfin, nous ne pouvons pas nous baser sur ce qui se pratique actuellement, quand on songe qu'après la chute du second Empire Chaldéen, les vallées du Tigre et de l'Euphrate furent bouleversées et colonisées par plusieurs envahisseurs successifs (Perses, Arabes, Turcs) qui introduisirent des méthodes et des procédés nouveaux répondant à de nouvelles conditions économiques.

Aqueducs. — Canalisations.

Dans le chapitre des *Constructions rurales*, nous avons parlé de l'assainissement des terrasses, dont les drains verticaux (fig. 204), se réunissent à un égout ou aqueduc d'une construction assez curieuse ; nous étudions ici ces aqueducs destinés à évacuer les eaux usées, mais dont le principe de construction a pu être également appliqué à beaucoup de canalisations amenant des eaux utiles.

A Nimroud (1) les égouts étaient à section carrée, en briques cuites, recouvertes de larges dalles de calcaire posées à plat et de tuiles.

A Khorsabad, Place (2) a trouvé un petit aqueduc en briques cuites, liées au bitume dont il nous donne la section (3) que nous reproduisons dans la figure 314 ; sur le radier Z, en dalles de calcaire posées à bain de bitume (4),

(1) Layard : *Nineveh and its Remains*, t. II, p. 79.

(2) Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. I. p. 277.

(3) Cet aqueduc est placé sous un autre plus grand dont nous parlerons à la fig. 318 ; on ne sait quelle explication donner à cette superposition.

(4) A propos des matériaux de liaison, les archéologues citent tantôt le *bitume*, tantôt l'*asphalte*, et il semble qu'ils emploient indistinctement l'un ou l'autre mot pour désigner la même matière sans avoir cherché à établir la distinction. L'asphalte est une roche, calcaire ou siliceuse, imprégnée de bitume ; nous ne croyons pas que cette roche ait servi à faire les joints car, pour cela, il aurait fallu la broyer, la chauffer fortement, puis la comprimer; nous supposons qu'on a dû avoir recours au bitume, c'est-à-dire aux carbures d'hydrogène, d'un emploi infiniment plus facile.

sont placées les briques N fermées en R alternativement par une et par deux briques *a* et *b* ; l'aqueduc S est noyé dans un massif *n*.

Le plus souvent, les architectes assyriens ont eu recours aux voûtes diverses : ogive, plein cintre, ellipse, cintre surbaissé et anse de panier. Ces voûtes, en briques cuites avec le plus grand soin et d'une extrême dureté, faites au moule avec des formes et des dimensions déterminées pour chaque ouvrage, bien que posées sans aucun mortier, sont restées à leur place en résistant aux divers éboulements qui ont détruit les constructions somptueuses élevées sur les terrasses.

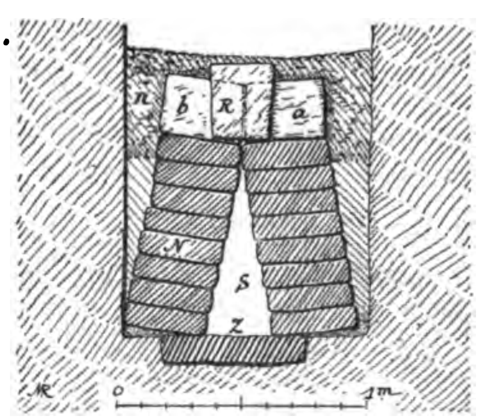


Fig. 314. — Coupe transversale d'un petit aqueduc de Khorsabad (d'après V. Place).

A Khorsabad (1), le radier A (fig. 315, 316 et 317) est formé de grandes dalles calcaires, carrées, de $1^{m}12 \times 1^{m}02$, sur $0^{m}10$ d'épaisseur, posées à plat à bain de bitume ; les pieds-droits B, de $0^{m}50$ de hauteur, sont constitués par cinq assises de briques cuites de $0^{m}10$ d'épaisseur posées à plat, appareillées à joints croisés. La voûte est en briques cuites trapéziformes *a*, *a'*,.. et leur lit de pose est oblique (fig. 316) ; il a fallu autant de moules qu'il y avait de genre de briques, c'est-à-dire cinq ; les briques de la voûte sont posées à plat les unes contre les autres sans mortier, ou avec un mortier d'argile ; toutes les deux rangées de voussoirs, il y avait une clef *c*, en brique, et le vide entre deux clefs consécutives était rempli avec de la terre bien pilonnée. L'incli-

(1) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, t. I, p. 271.

naison *bb'* (fig. 316) des rangées permettait de monter directement la voûte V sans recourir à un cintre, à la condition que les premiers éléments soient buttés contre une culée ou un massif *m* suffisamment épais pour résister à la poussée; la ligne *bb'* était inclinée à 1 de base pour 2,5 de hauteur; une autre inclinaison de voûte de canal à Khorsabad se rapproche de 45° (1 de base pour environ 1,20 de hauteur).

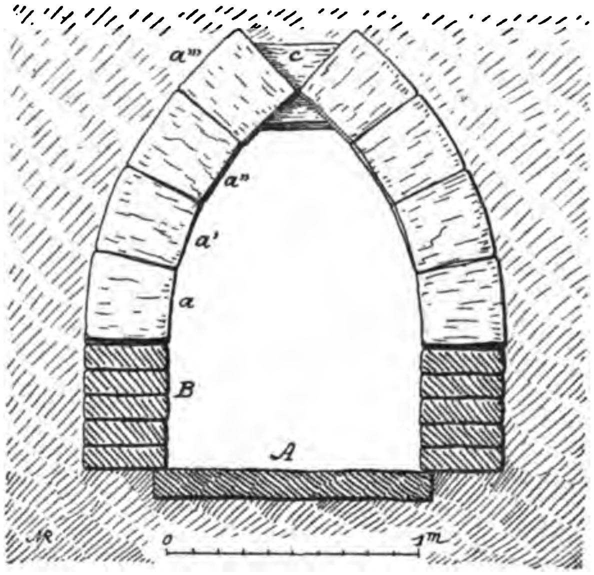


Fig. 315. — Coupe transversale d'un aqueduc de Khorsabad, (d'après V. Place).

La galerie de la figure 315 a 1m40 de hauteur sous la clef, 1 mètre de largeur; la pente générale est très faible sur les 66 mètres qu'on a pu retrouver.

Un autre canal a été dégagé sur 44 mètres, par V. Place; en certains endroits, il y a même là deux galeries superposées et on trouve dans le travail différents types de voûtes depuis l'ogive très aiguë jusqu'au plein-cintre. La figure 318 représente ce canal dont la voûte est formée de sept briques (pen-

chées comme dans la figure 316) et en certains points il semble qu'il y ait eu un défaut de dimensions des voussoirs, car on a employé, suivant les endroits, une ou deux pierres taillées, *a*, en forme de coin. Plus bas, à la sortie de la galerie, la voûte est elliptique (fig. 319) : elle est formée de huit voussoirs *a* et d'une clef *c* en briques, et de deux contre-clefs *n'*, *n'* en pierres ; la voûte est fermée par un

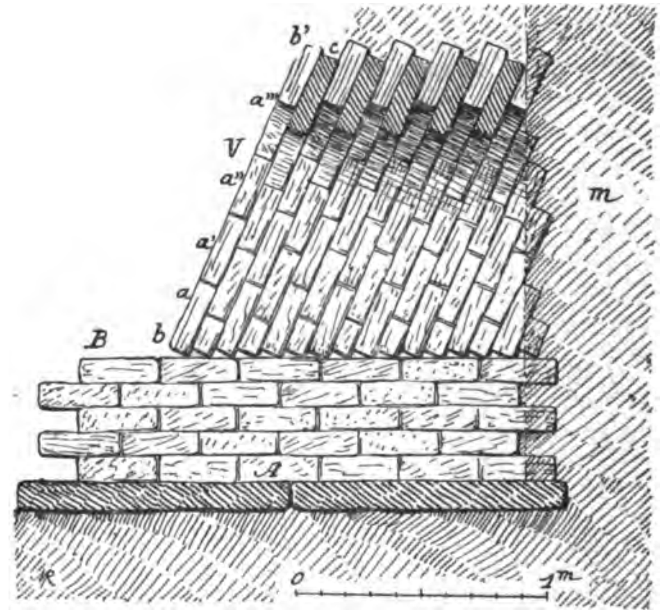


Fig. 316. — Coupe en long de l'aqueduc de Khorsabad (fig. 315).

mur *m* percé de deux petites ouvertures servant à l'écoulement des eaux.

Un bas-relief de Koyoundjik (fig. 320), conservé au British Museum, montre un édifice ou un temple A élevé dans une propriété ; selon nous, cela ne représente pas un jardin suspendu, comme on le dit fréquemment, mais on peut y distinguer un aqueduc B (construit sur voûtes en encorbellement) qui amène les eaux d'un point situé vers *b*, de l'autre côté

de la vallée, à un canal *c c'* dont les dérivations *e, e'* arrosent les jardins J et J' étagés sur le tertre ; en *a* est un chemin et en *d* un édicule. Il semble que la coupe transversale de cet aqueduc peut se représenter par la figure 321 : la largeur de l'ouvrage B doit être assez grande afin de supporter les arbustes *n* et *n'* qui étaient probablement chargés d'absorber les eaux d'infiltration de la rigole R afin d'éviter que ces

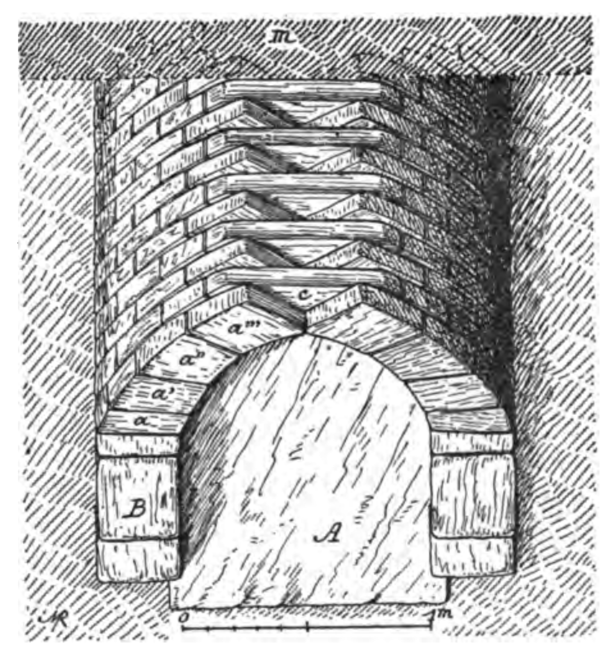


Fig. 317. — Plan de l'aqueduc de Khorsabad (fig. 315 et 316).

eaux ruinent la maçonnerie B en briques crues de l'aqueduc (1), malgré les soins qu'on aurait pu prendre pour la bonne confection du caniveau R (maçonnerie de briques cuites reliées avec du bitume, comme nous l'avons rencon-

(1) Remarquons qu'on utilise actuellement le même principe pour assécher la partie supérieure des murs en pisé (Normandie) : on plante des iris sur leur couronnement.

trée à Khorsabad (fig. 315) et comme nous en trouverons des exemples plus loin à propos des fouilles faites par M. de Sarzec à la butte de Tello).

Nous avons vu au chapitre des *Constructions Rurales* qu'on connaissait les tuyaux de terre cuite (fig. 232 et 254) et qu'on les employait comme drains (fig. 203); il a pu venir à l'idée des agriculteurs de s'en servir comme conduites d'eau

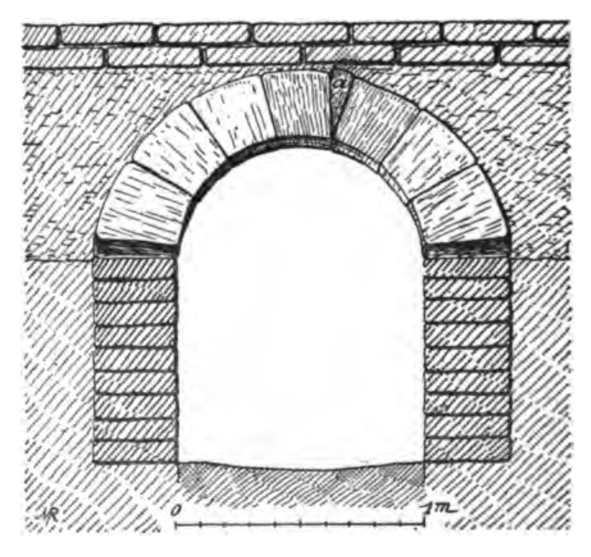


Fig. 318. — Coupe transversale d'un aqueduc de Khorsabad (d'après V. Place).

en les disposant horizontalement et en les rejointoyant avec du bitume.

Réservoirs. — Citernes. — Fontaines.

Selon Hérodote, les travaux de Sémiramis furent repris par d'autres et en particulier par une légendaire Nitocris, reine de Babylone, laquelle, jusqu'à plus ample informé, n'existe pas pour les Assyriologues. Jaubert de Passa (1), qui ne pou-

(1) Jaubert de Passa : *Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens*, 1re partie, p. 34, 35 et 36.

vait pas disposer, en 1845, de documents historiques sur les anciens peuples que nous étudions, nous donne des détails sur quelques travaux attribués à la prétendue Nitocris; il dit, à propos du lac immense creusé dans le marais (1) à l'ouest de Babylone: « D'après Hérodote, témoin oculaire, le lac avait 320 stades, ou 32,015 mètres de circonférence (2) ; le lit en fut approfondi jusqu'à la rencontre de l'eau ; une muraille en maçonnerie, revêtue de larges pierres, en faisait le tour.

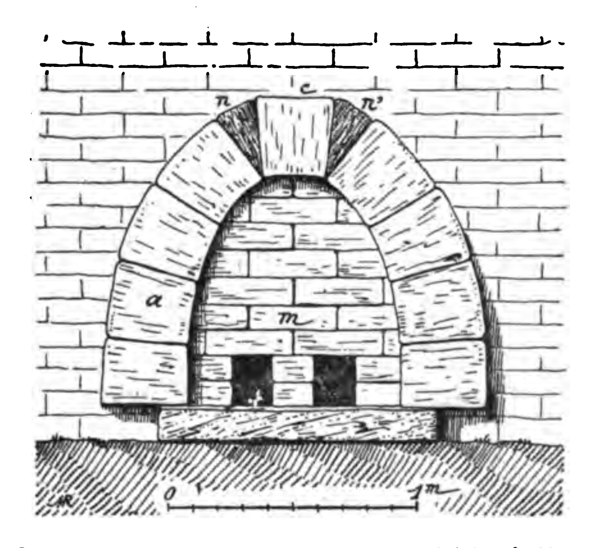


Fig. 319. — Tête d'un aqueduc de Khorsabad (d'après V. Place).

Les terres provenant de cet immense déblai servirent à relever et à élargir les chaussées de Sémiramis. Un large canal, appelé *Pallacopas* (3), conduisait les eaux de l'Euphrate dans ce lac artificiel, non seulement au moment des crues, mais

(1) Le lac dit de Nitocris présente beaucoup d'analogie avec le lac Mœris, que nous avons étudié en *Egypte*.

(2) HÉRODOTE, I, 185.

(3) Ou Pallacottas (APPIEN : *Guerres civiles* I, II). D'après MASPERO, si ce nom est bien exact, cela permettrait d'identifier le canal cité par les auteurs classiques avec le Nâr-Pallakout des inscriptions babyloniennes (DELATTRE : *Les Travaux hydrauliques en Babylonie*). (Voir la figure 310.)

toutes les fois qu'on pouvait les dériver sans nuire à la navigation. D'autres canaux de décharge vidaient en partie le lac et ramenaient les eaux au milieu des campagnes lorsqu'il y avait pénurie et nécessité d'arroser. »

« Cet immense réservoir était à peu près de forme circulaire, et sa profondeur, d'après Ctésias et Diodore de Sicile (1) était de 11m37. M. Miot, traducteur d'Hérodote, a

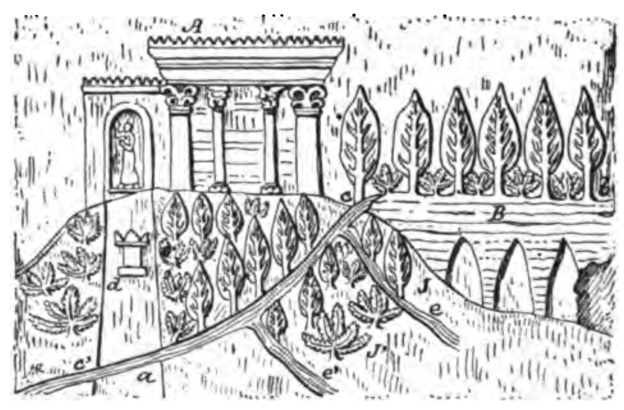


Fig. 320. — Portion d'un bas-relief de Koyoundjik (British Museum).

calculé que le lac pouvait contenir plus de 926,832,000 mètres cubes d'eau, et qu'il fallait 22 jours et toutes les eaux de l'Euphrate pour le remplir (2). Dans ce calcul, le savant traducteur tient compte de l'évaporation, qu'il évalue à 42,180,000 mètres cubes. »

« En admettant que, sous le climat sec et brûlant de la Babylonie et avec des terres sablonneuses (?), chaque arrosage exige une nappe d'eau d'environ 8 centimètres d'épaisseur (3)

(1) Diodore donne au lac de Nitocris près de 30 lieues de circonférence ; d'après Hérodote, il n'en avait que 8. M. Jomard évalue le stade d'Hérodote à 100 mètres 49 millimètres.

(2) Hérodote, I, 1, 57 ; Diodore, II, 9.

(3) Jaubert de Passa a montré qu'à Valence, en Espagne, un hectare de terre exige pour 6 mois 3.893 m. cubes d'eau et 666 m. cubes par arrosage, soit une nappe d'eau de 66 millimètres d'épaisseur.

ou 800 mètres cubes par hectare, nous trouvons que la réserve d'eau du lac artificiel pouvait suffire à un seul arrosage sur 1,158,540 hectares de terres ; mais le climat et la nature du sol rendaient indispensable au moins un arrosage tous les 15 jours. En supposant donc 16 arrosages, pendant 8 mois, nous arriverons encore à l'étonnant résultat d'une irrigation complète et régulière de 72,409 hectares de terres au moyen du Pallacopas. Il convient encore d'observer que la disette d'eau ne pouvait exister que pendant les 4 mois les plus chauds et les plus secs de l'année, et dès lors la réserve du lac pouvait suffire à l'irrigation de 144,818 hectares (1). »

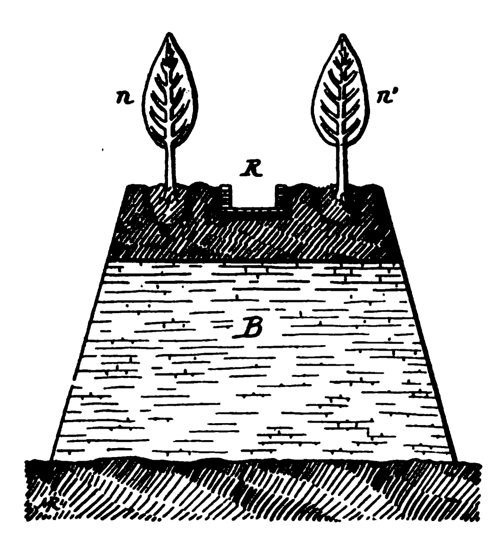


Fig. 321. — Coupe transversale de l'aqueduc de la fig. 320 (essai de restauration).

« Il y avait encore, dans la Babylonie, d'autres bassins creusés de main d'homme à des époques inconnues et dans des lieux bas et facilement submergés (2) ; quelques-uns tenaient en réserve une masse d'eau considérable pour l'arrosage des terres riveraines : Arrien en fait mention, Porter et les voyageurs qui sont venus après lui en ont trouvé des traces dans les sables (?) et dans les lagunes de l'Euphrate. »

(1) Alexandre trouva le lac de Nitocris transformé en marais et encombré d'alluvions ; il ordonna le curage du Pallacopas et des canaux de dérivation avant d'entreprendre le rétablissement du lac. La mort le surprit dans l'exécution de ce projet qui pouvait rétablir la prospérité des environs de Babylone.

(2) ARRIEN, VII, 17, 19, 21 ; SIR ROBERT KER PORTER, (qui visita la Babylonie en 1818), *Travels*, II, 289 ; — RENNEL : *Atlas, Geography of Herodotus* ; — HÉEREN, II, 2, 1, p. 156.

A la butte en briques crues de Tello, haute de 17 mètres au-dessus du terrain environnant, M. de Sarzec (1) a trouvé à 2m50 de profondeur (à partir du sommet) les restes de constructions contemporaines de Goudéa ; puis, descendant de 1m67, il mit à jour la partie inférieure d'un ouvrage en briques cuites dont certaines portent des inscriptions que M. Heuzey traduit par *Maison des Fruits* ou *Maison des boissons et des vivres* du roi Our-Nina ; en creusant encore de 4m35, M. de Sarzec atteint une construction en briques cuites, antérieure

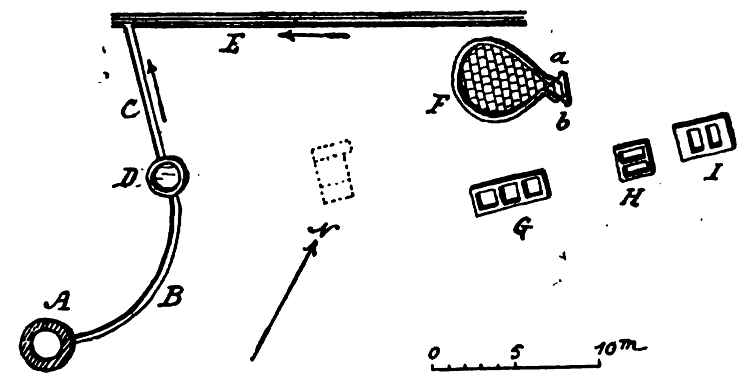


Fig. 322. — Rigoles et réservoirs d'Eannadou à Lagash (Tello), (d'après M. de Sarzec).

à Our-Nina, élevée sur un massif en briques crues de 8m48 de hauteur au-dessus de la plaine.

« Aux dépendances d'un puits A (fig. 322), (dont nous parlerons plus loin), appartiennent encore quelques autres vestiges relevés par M. de Sarzec, particulièrement les restes d'un caniveau B C qui s'en détachait dans la direction générale de l'Est. La rigole, en briques carrées, enduite de bitume, commençait par décrire vers le Nord un arc de cercle B et communiquait avec un petit bassin circulaire D de même construction ayant 1m70 de diamètre ; après quoi,

(1) Léon Heuzey : *Une villa royale Chaldéenne, vers 4000 avant notre ère*, d'après les levés et les notes de M. de Sarzec ; 1900.

elle se rencontrait avec un mur E en partie détruit qui indiquait au Nord-Ouest le bord de la plaine, et qui paraît avoir joué lui-même le rôle d'une sorte d'aqueduc, portant à son sommet un étroit canal pour le passage des eaux. Ces dispositions sont peut-être une addition d'époque postérieure; mais le travail principal n'en représente pas moins la part d'Eannadou dans cet ensemble de constructions utiles développées encore par ses successeurs. »

A propos de ces constructions qui remonteraient à Entéména (antérieur à 3.000 avant notre ère) M. Heuzey (1) dit que « la partie moyenne de l'enceinte (limitée par le mur E, fig. 322), était occupée par un grand bassin F de forme ovale irrégulière, mesurant 5^m10 de long sur 4^m60 de large ; il était dallé de larges briques carrées et entouré par un rebord de briques oblongues..... il finissait par une sorte de canal qui débouchait lui-même dans l'amorce d'un caniveau transversal, croisant le premier en forme de T ; le contenu du bassin pouvait ainsi s'écouler dans deux directions opposées (*a* et *b* fig. 322), soit vers le centre du tell... soit du côté de la plaine... A proximité, s'alignait une file de petits réservoirs rectangulaires (G, H, I, fig. 322), construits en briques de 0^m30 sur 0^m25 et divisés chacun en plusieurs compartiments, dont l'intérieur était enduit de bitume..... Quel pouvait être le but d'une pareille installation et surtout l'usage du grand bassin ovale? La disposition paraît bien compliquée pour de simples abreuvoirs ou pour des récipients destinés à l'irrigation. Plus d'une supposition se présente à l'esprit, en rapport avec les besoins de ces populations : le lavage des vêtements, le foulage ou la teinture des laines, la trituration des substances oléagineuses, la macération de certains fruits pour préparer quelque boisson fermentée. »

Malheureusement, sur les dessins qui accompagnent les notes de M. de Sarzec nous n'avons pu trouver les cotes dans le plan vertical qui sont indispensables pour l'étude de

(1) Pages 82 et suivantes.

tout travail d'Hydraulique. On voit des caniveaux et des réservoirs analogues à ceux dont nous venons de parler dans les dépendances d'une construction éloignée d'une dizaine de mètres, et désignée sous le nom d'*Edifice d'Our-Nina ;* les briques qui la composent portent, avec quelques variantes, l'inscription suivante : « Our-Nina, — roi — de Sirpoula, — fils de Ninihalghin, — l'*Ab Ghirsou* — a construit. » La signification du mot Ab-Ghirsou est incertaine; l'idéogramme, selon Oppert, indiquerait chez les Chaldéens une mesure de grande capacité ; « de là, dit M. Heuzey (1), deux ordres de significations possibles. C'est d'abord le sens de citerne, de réservoir. Mais il y a aussi l'idée d'un silo pour les grains, le *lakkos* des Grecs, pouvant désigner par extension toute construction à l'usage de cellier, de dépôt, de magasin et même de trésor. »

La construction même de l'Ab-Ghirsou nous fait personnellement pencher vers l'idée d'une citerne, parce qu'elle est faite en briques cuites soigneusement jointoyées au bitume alors que tout le reste est en briques crues. En supposant que le grain eût été mis en vrac, il se serait très bien conservé dans un local en briques crues par suite des conditions de siccité et de température du pays et dont nous avons parlé dans le chapitre consacré aux *Constructions Rurales ;* à plus forte raison si le grain était logé dans des amphores. Ajoutons que sur un soubassement en briques crues, très solide et bien nivelé, il y avait une couche de bitume, de 0^m05 d'épaisseur, supportant la construction rectangulaire de 10^m60 de longueur sur 7^m30 de largeur dont la diagonale, suivant le système Chaldéen, est dirigée suivant la ligne nord-sud (voir la figure 211); la maçonnerie était en briques cuites de 0^m27 à 0^m28 de longueur, de 0^m14 à 0^m15 de largeur et de 0^m05 d'épaisseur, ayant une face convexe, et solidement liées par du bitume.

(1) Léon Heuzey : *Une villa royale Chaldéenne, vers 4000 avant notre ère,* d'après les levés et les notes de M. de Sarzec; 1900, p. 7.

Sans pouvoir nous prononcer sur l'emploi de l'Ab-Ghirsou, qui n'avait aucune trace de baies d'ouvertures (portes ou fenêtres), disons que le mur limitant ce réservoir de 1m12 de profondeur avait 0m60 d'épaisseur, formé de 14 assises de briques posées à plat et à joints croisés d'une assise à l'autre (fig. 323, d'après les croquis relevés par M. de Sarzec).

Layard (1), a dégagé et remis en état une fontaine à Bavian, dont nous empruntons la description au livre de M. Perrot (2) : « A l'aide de conduits pratiqués dans la

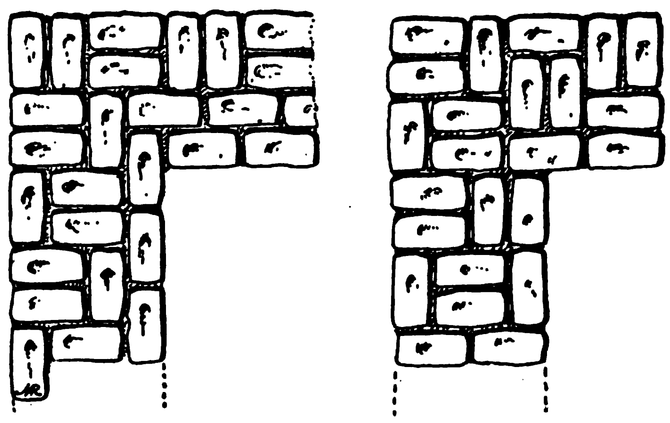


Fig. 323. — Appareil de deux assises successives d'une des cornes de l'édifice d'Our-Nina (d'après M. de Sarzec).

pierre vive, on avait mené l'eau du torrent dans une suite de bassins disposés par étages. La figure 324 représente la vasque inférieure, auprès de laquelle passait la route ; au-dessus du réservoir où s'épanche la source (3), la surface du roc a été dressée et dans le champ ainsi ménagé a été ciselé un motif qui ne manque pas d'élégance. L'eau semble sortir du col d'un large vase, de quelque grand *pithos* en argile ; s'il n'y a

(1) Layard : *Discoveries*.

(2) G. Perrot et Chipiez : *Chaldée et Assyrie*, p. 640.

(3) S'il n'y a pas une erreur, il doit s'agir de l'eau dérivée du torrent de Gomel et non d'une source proprement dite.

pas d'inexactitude dans le dessin de M. Layard, la partie de ce vaisseau qui n'est pas engagée dans le roc serait vue en perspective. Deux lions symétriquement dressés appuient leurs pattes de devant sur le rebord du vase. On aura sans doute plaisir à trouver ici le seul spécimen qui nous reste d'une décoration de fontaine chez les Assyriens. » C'est la première fontaine que nous rencontrons au cours de cette

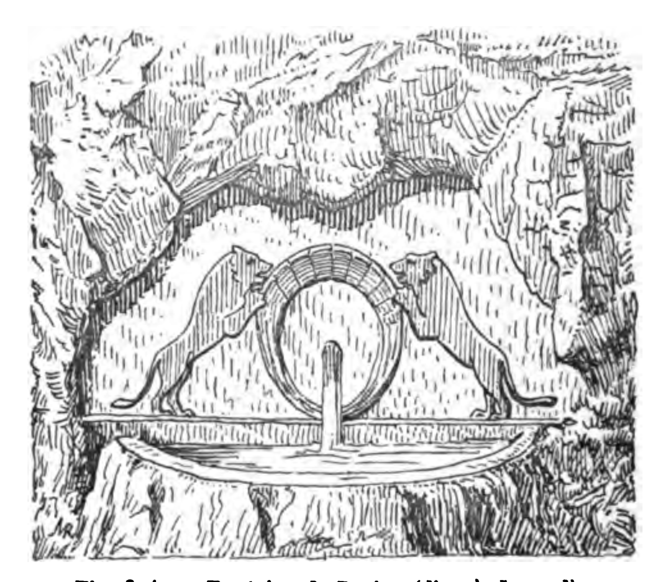


Fig. 324. — Fontaine de Bavian (d'après Layard).

Histoire. Les sculptures de Bavian sont dues à Sennachérîb ; elles mentionnent en même temps les canaux creusés par ce roi pour arroser les terres de l'Assyrie et ses diverses expéditions ; on mettait ainsi sur le même pied d'égalité les exploits militaires et les travaux de Génie Rural. Layard suppose que, pendant la période des fortes chaleurs, Sennachérîb venait en villégiature dans la gorge solitaire du Gomel, vivant sous la tente avec ses chevaux et ses équipages de chasse.

Puits.

Sur la pente occidentale de la butte de Tello (1), se trouve un puits (A, fig. 322) considéré comme antique, le plus grand, comme diamètre, de tous les environs ; les Arabes, le croyant hanté par les djins, marquaient une répugnance particulière pour le déblayer et ce n'est qu'après beaucoup de peines que M. de Sarzec parvint à l'explorer jusqu'à 4 mètres seulement de profondeur. Le puits, à section circulaire, est construit en briques cuites, simplement jointoyées avec de l'argile, sans aucune trace de bitume, et avec un appareillage particulier ; ces divers indices montrent qu'il s'agirait de ce que nous appelons un puisard ou un puits absorbant assez mal établi, plutôt qu'un puits proprement dit servant à rejoindre une nappe d'eau potable ; comme puits absorbant il n'était pas si bien combiné que ceux destinés au drainage des terrasses dont nous avons parlé dans le chapitre consacré aux *Constructions Rurales* (fig. 203) ; l'ouvrage n'a pas dû servir beaucoup car l'eau filtrant au travers des joints d'argile, au moins suivant une des génératrices du puits, aurait, à la longue, occasionné des éboulements ; il est regrettable que les fouilles n'aient pas dépassé 4 mètres de profondeur. Le mode de construction décrit par M. Heuzey nous fait croire qu'il s'agit d'un travail d'une époque plus récente que celle à laquelle nous arrêtons la partie de notre *Essai d'Histoire* consacrée à la Chaldée et à l'Assyrie. La construction est désignée par M. Heuzey sous le nom de puits d'Eannadou, petit-fils d'Our-Nina, parce que certaines briques portent des inscriptions au nom de ce patési ; les briques, bombées d'un seul côté, et en grande partie anépigraphes, ont 0^m29 à 0^m32 de longueur, 0^m20 à 0^m21 de largeur, 0^m04 à 0^m05 d'épaisseur ; quelques-unes énumèrent les titres religieux, les expéditions militaires d'Eannadou, puis : « Ce jour où,

(1) Léon Heuzey : *Une Villa royale Chaldéenne, vers 4,000 ans avant notre ère*, d'après les levés et les notes de M. de Sarzec ; 1900.

— pour le dieu Nin-Ghirsou, — la grande terrasse du *Puits de la Plaine*, — il a construite, — ce jour, — du dieu Nin-Ghirsou, — Eannadou — fait la joie. — »

Rappelons que l'idéogramme de *Puits* ou de *Citerne* est un carré avec un point au milieu ; cela ne voudrait-il pas dire que les citernes étaient à section carrée ou rectangulaire comme tous les édifices du pays et de l'époque dont nous nous occupons ? ; il peut bien s'agir, dans l'inscription précédente, non de la grande terrasse du puits de la plaine, mais de la grande terrasse de la citerne de la plaine, cette citerne étant précisément une construction analogue à ce qu'on appelle la construction d'Our-Nina (dont nous avons parlé plus haut), ou à celle antérieure, trouvée en dessous.

Enfin, bien que certaines briques portent l'estampille d'Eannadou, cela n'implique pas que le puits de Tello soit de son époque, car, plusieurs siècles après Eannadou, d'autres populations ont pu utiliser ces anciennes briques pour construire le puits suivant un plan et selon des méthodes qui leur étaient familières ; on a de si nombreux exemples d'utilisations actuelles d'antiques matériaux (1), que notre hypothèse paraît vraisemblable ; c'est pour ce motif que nous n'étudions pas ici ce puits, dit d'Eannadou, et que nous le renvoyons à une autre division de notre *Essai d'Histoire*, où nous le croyons mieux à sa place.

A Khorsabad, V. Place a retrouvé plusieurs conduits verticaux analogues à des puits, sortes de cheminées faisant

(1) Il est utile de rapporter ici ce que dit M. J. de Morgan : *La Délégation en Perse*, p. 138 : « Le barrage de l'Euphrate à Nasséri fut notre première étape ; là nous vîmes une œuvre considérable qui, bien que moderne, sera sûrement, dans des milliers d'années, attribuée au roi Nabuchodonosor, d'après les estampilles que portent les matériaux. C'est, en effet, la tour dite de Babel qui a fait tous les frais de ces constructions, de même qu'en Egypte le temple d'Erment et tant d'autres ont servi de carrières pour les usines à sucre. » — Voilà qui donne à réfléchir sur l'histoire dite documentaire ! — Ajoutons que la construction appelée le *Qal'a*, ou château (logements, magasins), élevée récemment à Suse, par M. de Morgan, pour abriter les membres et le matériel de la Délégation, est faite en grande partie avec des briques antiques fournies par les fouilles.

communiquer les lieux d'aisances (fig. 325) avec les égouts ; ces conduits, à section carrée, sont formés de briques bien cuites et très dures, posées à plat et probablement reliées au bitume (1) comme les dallages des aqueducs dans lesquels

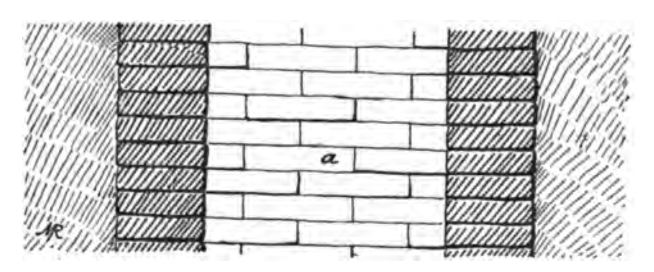


Fig. 325. — Coupe verticale d'un puits à section rectangulaire (Khorsabad).

ils déversaient les eaux ; nous donnons dans la figure 325 la coupe en élévation d'un de ces puisards formé de 10 assises de carreaux *a* de $0^{m}40 \times 0^{m}40 \times 0^{m}10$, laissant un vide rectangulaire de $1^{m}00 \times 0^{m}70$ de section horizontale.

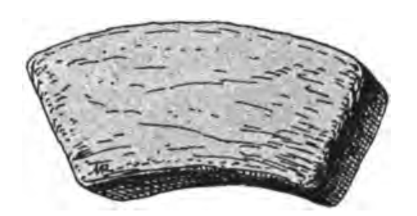


Fig. 326. — Silhouette d'une brique de Sippar (Musée de Constantinople).

Selon V. Scheil (2), une brique cuite (fig. 326), qui se trouve actuellement au Musée de Constantinople, porte une inscription disant que Nabuchodonosor II a construit, au milieu du temple de Sippar, un puits « d'eau pure » ; cette brique pouvait bien appartenir à une voûte du temple et rien n'indique qu'elle faisait forcément partie d'un puits à section circulaire dont les traces n'ont pas été retrouvées dans les

(1) V. Place : *Ninive et l'Assyrie,* tome I, p. 99-269-270 ; il passe très rapidement sur la description de ces cheminées et oublie de nous dire comment les briques étaient rejointoyées.

(2) V. Scheil : *Une saison de fouilles à Sippar,* p. 73-74, dans les *Mémoires publiés par les membres de l'Institut français d'Archéologie orientale du Caire, sous la direction de M. E. Chassinat* ; Le Caire, 1902.

fouilles (1), alors que, dans la ville de Sippar, un puits découvert par Scheil est tout autre, à section carrée ; « il était construit en briques cuites (reliées au bitume) et avait un mètre de côté à l'intérieur, 2m30 de côté à l'extérieur et 14 mètres de profondeur. On avait ménagé dans les parois intérieures des ouvertures opposées et alternes pour poser le pied lorsqu'on devait y descendre. Il fut vidé et on n'en

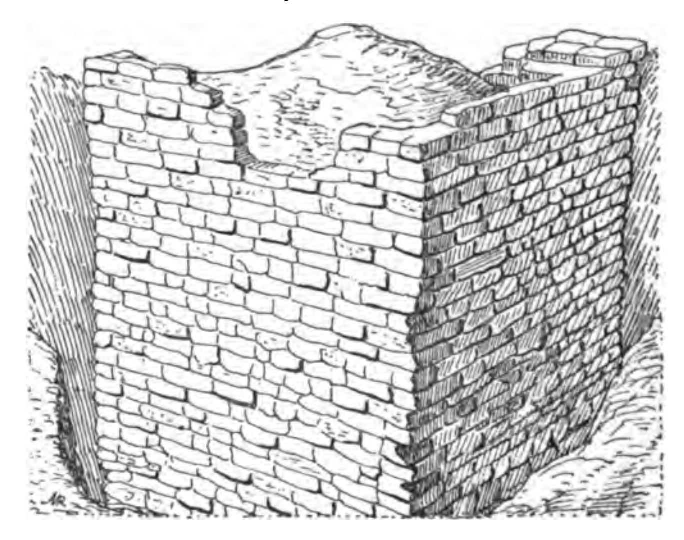


Fig. 327. — Vue extérieure d'un puits carré, déblayé à Sippar par V. Scheil (d'après une photographie).

tira qu'une petite tablette de l'époque de Hammourabi ». Nous donnons dans la figure 327 la vue d'une partie extérieure de ce puits déblayé, d'après une photographie, qui montre en même temps l'appareillage des briques ; ce qui est intéressant, c'est la façon adoptée par le constructeur pour permettre aux hommes de descendre dans le puits (nous

(1) M. V. Scheil pense que la supposition la plus naturelle est d'admettre que la brique était dans la construction d'un puits, étant données les habitudes littéraires des babyloniens : une brique de temple commémore la construction d'un temple, une brique de puits, la construction d'un puits ; seules les grandes inscriptions, dites *fastes*, résument toutes sortes d'œuvres disparates.

trouverons, dans une autre partie de notre *Essai d'Histoire*, cette méthode appliquée en d'autres pays).

Comment puisait-on l'eau dans de semblables puits? très probablement à l'aide d'un récipient à anse (analogue à ceux de la figure 280 du chapitre précédent), attaché à l'extrémité d'une corde en fibres végétales ou en lanières de cuir, qu'on tirait directement de bas en haut; on n'a pas dû avoir recours à des récipients en terre cuite, bien trop fragiles aux chocs inévitables contre les parois du puits, car on en aurait retrouvé quelques débris dans les fouilles.

Transport et élévation de l'eau. — Seau à bascule.

Toutes les plantes cultivées, dans les champs comme dans les jardins, étaient arrosées; cela devait demander une main-d'œuvre considérable, surtout dans les parcs ou *paradis* (1). L'eau était puisée dans les fleuves et dans les canaux.

« Pour abreuver les arbres, les animaux et les hommes, il fallait, dit M. Perrot (2), de l'eau en quantité considérable; où la prenait-on et comment la conservait-on? Je suis étonné que la plupart de ceux qui ont étudié les palais assyriens ne paraissent pas s'être même posé cette question (3). On se serait attendu à trouver les palais pourvus, suivant un usage qui est général dans les pays chauds, de citernes spacieuses

(1) Les anciens Perses ont appelé *Paradis* un grand jardin offrant des cultures variées, des ombrages, des eaux courantes, et quelquefois des bois assez vastes pour qu'on puisse s'y livrer aux plaisirs de la chasse. Chaque palais avait son paradis et il en est encore ainsi dans la Perse moderne. (Jaubert de Passa : *Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens*, première partie, p. 29).

(2) Perrot et Chipiez : *Chaldée et Assyrie*, p. 445.

(3) Place serait le seul qui ait donné à cette question un moment d'attention (*Ninive et l'Assyrie*, I); mais, comme le dit Perrot, rien n'est moins vraisemblable que la supposition qu'il hasarde à ce propos : il se demande si l'un des égouts (fig. 315, 316, 317, 318 ou 319) n'aurait pas été un siphon aspiratoire (?) en communication avec une nappe d'eau souterraine et pourvu d'une pompe (?). Rien n'autorise à supposer que les Assyriens aient connu la pompe aspirante.

que l'on aurait aisément remplies pendant la saison des pluies ; mais ni à Khorsabad, ni à Koyoundjik ou à Nimroud, on n'a reconnu la moindre trace de citernes (1) ; avec les matériaux que l'on mettait en œuvre, peut-être aurait-on eu beaucoup de peine à établir des réservoirs qui fussent suffisamment étanches (2). On n'a pas non plus rencontré de puits ; la profondeur (3) en aurait été trop grande pour qu'ils fussent d'un usage commode ; à la distance qui sépare de la surface du sol les nappes d'eau souterraines, il aurait fallu ajouter ici une quinzaine de mètres, qui représentent l'élévation moyenne des tertres sur lesquels sont posés les palais. Il est donc probable que l'on montait dans des jarres d'argile toute la quantité d'eau nécessaire à la consommation des habitants de la résidence royale ; suspendues aux flancs des ânes et des chevaux ou portées sur la tête des femmes, ces jarres devaient aller, matin et soir, se remplir à la rivière voisine, ou plutôt à des canaux qui conduisaient jusque dans la ville même et au pied du palais les eaux du fleuve ».

Les eaux transportées ainsi étaient déversées dans des auges ou des cuves dont nous avons parlé dans le chapitre consacré aux *Constructions Rurales* (fig. 258 et 259).

Nous avons vu, au chapitre précédent, que Layard (4) a relevé dans un bas-relief de Nimroud, appartenant au palais d'Assournazirpal, une *poulie* tout à fait semblable à celle de nos puits, supportant une corde à laquelle est attaché un seau. C'est la première fois que nous rencontrons cette machine simple, mais l'absence d'autres documents analogues nous permet de dire que son usage n'était pas général en Chaldée et en Assyrie ; nous supposons, au contraire, que la poulie en question était employée dans la Judée et que son application pour assurer l'alimentation en eau des défenseurs d'une forteresse parut si extraordinaire aux Assyriens qu'ils

(1) Sauf à Tello (fig. 322-323).

(2) M. Perrot oublie que cela pouvait très bien se faire avec des briques cuites et du bitume.

(3) Comptée du niveau des terrasses sur lesquelles sont élevés les palais.

(4) Layard : *Nineveh and its Remains*, tome II, p. 32.

en perpétuèrent le souvenir dans le bas-relief de Nimroud, voulant en même temps montrer comment, en coupant la corde, ils empêchèrent les assiégés de se procurer de l'eau, ce qui dut activer la reddition de la place ; d'ailleurs, on trouve en Egypte la même idée de représenter les choses curieuses et étrangères au pays : à Karnak, Thoutmosis III fit graver sur le soubassement du temple les animaux, les plantes et les fleurs des pays dont il avait fait la conquête ; nous avons donné à la figure 70 (*Egypte*, chapitre I. *Cons-*

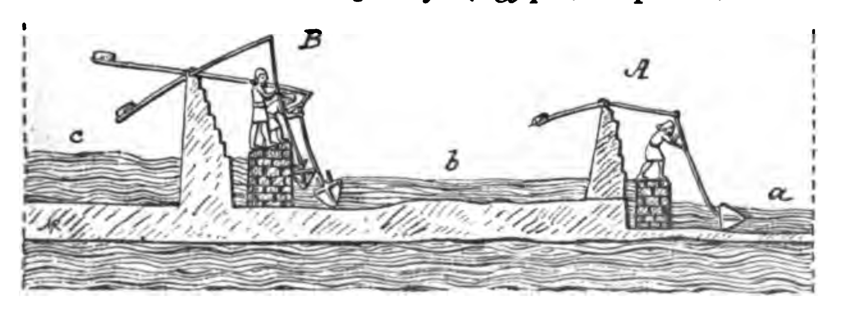


Fig. 328. — Une batterie de seaux à bascule (Koyoundjik).

tructions Rurales) la sculpture du temple de Déir el-Baharî, représentant un village du pays de Pouanît. Si notre hypothèse est exacte, nous sommes autorisés à renvoyer l'examen de cette poulie à une autre partie de notre *Essai d'Histoire*.

Les Chaldéens et les Assyriens connaissaient le *seau à bascule* que nous avons eu l'occasion d'étudier en détail sous le nom de chadouf dans la partie de ce travail relative à l'*Hydraulique* de l'Egypte (fig. 175-176-177 et 178) ; nous y renvoyons le lecteur, et il nous suffit de donner, sans commentaire, dans la figure 328, un dessin fait d'après un bas-relief de Koyoundjik (1) représentant deux séries de chadoufs A et B élevant successivement les eaux de *a* dans le bief intermédiaire *b*, puis de *b* dans le canal *c*. (Il convient de se rappeler que les champs, régularisés, étaient entourés de petites digues).

(1) Layard : *The Monuments of Nineveh*, 2e série, pl. 15.

Beaucoup pensent que les Assyriens utilisaient différentes machines pour l'élévation des eaux, et se basent, pour cela, sur les citations des auteurs relativement récents ; en effet, Strabon (1) prétend que les fameux jardins, dits suspendus, de Babylone, étaient arrosés avec l'eau élevée par des machines appelées *limaces*, mues sans relâche par des hommes qui puisaient l'eau de l'Euphrate et la versaient dans des bassins creusés devant le palais ; il peut s'agir ici des poulies, dont nous avons parlé plus haut, qui s'étaient alors répandues à Babylone vers 50 avant notre ère ; selon notre programme, cette *limace* appartient donc à une autre partie de notre *Essai d'Histoire*, celle que nous étudions ici s'arrêtant vers le VIIe siècle avant notre ère, alors que l'Assyrie et la Chaldée tombent sous la domination des Mèdes et des Perses. Certains croient que Strabon a voulu mentionner une sorte de *vis hydraulique*, dont l'invention est attribuée à Archimède, c'est-à-dire deux siècles et demi avant Strabon. Comme le fait bien observer Perrot, le témoignage de Strabon est trop isolé et d'une époque trop récente (relativement à l'antiquité que nous examinons ici) pour qu'on soit autorisé d'affirmer que les anciens Chaldéens savaient utiliser la vis élévatoire. Nous pouvons ajouter, de notre côté, que la vis élévatoire ne peut fonctionner qu'avec une inclinaison déterminée : l'angle de l'axe de la vis avec l'horizontale doit être voisin de 45 à 50 degrés ; en général, la longueur de la vis est une fois et demie la hauteur d'élévation de l'eau. Il était donc impossible de monter d'un seul coup l'eau au niveau assez élevé des terrasses par une seule vis, qui aurait eu une longueur considérable d'une construction impossible pour l'époque ; il est vrai que dans de semblables conditions on installerait aujourd'hui un équipage de plusieurs vis successives, étagées dans le plan vertical ; si cette disposition avait été adoptée, elle aurait dû frapper Strabon et l'engager à décrire un peu le système, tandis qu'il se

(1) STRABON, XVI.

borne simplement à donner le nom d'une machine devant être assez répandue, car il la suppose bien connue de ses contemporains,

Diodore de Sicile (1) décrivit aussi les prétendus jardins suspendus analogues aux Zigurrat (2), d'après des auteurs plus anciens que lui, et il dit (3), « qu'au niveau de la vue la plus élevée, il y avait un édifice ayant des *tranchées perpendiculaires* et des *machines* pour porter l'eau à la hauteur (environ 4 plèthres, soit 109 mètres) : on tirait par ces moyens une quantité d'eau du fleuve, sans que personne au dehors pût s'en apercevoir ». Si la tranchée perpendiculaire signifie un *puits*, la poulie fixe semble indiquée. Mais cela peut vouloir dire qu'il y avait une large tranchée au sens propre du terme, dans laquelle on avait installé une succession de chadoufs élevant chacun l'eau à 3 mètres environ de hauteur. Ajoutons enfin que l'exploration des Zigurrat, et en particulier celui de Khorsabad, prouva que leur construction était massive de haut en bas, sans aucun vide intérieur (4).

Castellan (5) parle des *norias*, dont l'invention, due aux Arabes, est bien plus récente ; Jaubert de Passa (6), pense que la machine appelée (il y a un demi-siècle) *dôhlâp*, citée par Riche (7), est une noria ou une roue à chapelet. Le capitaine E. Frédérick (8), qui visita les ruines de Babylone en 1811, parle d'une « machine très simple, et qu'un seul homme met en mouvement ; l'eau est envoyée dans une auge. L'eau, en sortant de l'auge, est conduite dans les champs par des

(1) Diodore de Sicile, II, 10.

(2) Dont nous avons parlé à la fin du chapitre consacré aux *Constructions Rurales*.

(3) Georges Hanno : *Les Villes retrouvées*, p. 121.

(4) V. Place : *Ninive et l'Assyrie*, tome I, p. 138.

(5) Castellan : *Lettres sur la Morée*, t. III, livre 46, p. 138.

(6) Jaubert de Passa : *Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens*, 1re partie, p. 50.

(7) Riche ; *Memoir on the Ruins of Babylon*.

(8) *Nouv. Annal. des Voyages*, t. XXXIV, p. 358.

rigoles.....; des piliers ayant 2 pieds de diamètre servent d'appui à une barre de traverse. Le vaisseau qui puise l'eau est ovale, long de 3 pieds et large de 16 à 18 pouces : c'est un panier en roseaux tressés et enduits de bitume. » Cette description succincte s'applique très bien au seau à bascule et Frédérick a raison de penser que cette machine serait celle qu'Hérodote a négligé de décrire, car nous en trouvons le témoignage dans le bas relief de Koyoundjik, représenté par la figure 328.

En l'absence de documents lapidaires ou de textes bien explicatifs et authentiques de l'époque, nous sommes fondés à croire que le seau à bascule constituait la principale machine élévatoire employée par les agriculteurs de la Chaldée et de l'Assyrie.

Il est fait mention, semble-t-il, de deux machines employées pour élever les eaux dans le code des lois de Khammourabi (1) : « — 259, si un homme a volé une machine d'arrosage dans un canton, il donnera cinq sicles d'argent au maître de la machine. — 260, s'il a volé un *chadouf* ou une charrue, il donnera trois sicles d'argent. » Toutes les suppositions sont permises pour la machine de l'article 259. Dans l'article 260, un chadouf ou seau à bascule est estimé au même prix qu'une charrue ; la valeur de la machine du n° 259 est à celle du n° 260 dans le rapport de 5 à 3. S'agit-il, pour le n° 259, comme le suppose V. Scheil, d'une machine mue par un attelage de bœufs? nous ne le pensons pas à cause du rapport de 5 à 3 ; par contre, nous pouvons admettre pour le n° 259 deux seaux à bascule montés sur le même bâti (comme par exemple, le serait l'installation B de la figure 328).

M. V. Scheil a bien voulu répondre à notre demande de renseignements pour tâcher d'éclaircir la question relative à la machine spécifiée par l'article 259 du code des lois de Khammourabi, celle de l'article 260, avec seau, étant bien le

(1) Scheil : *La Loi de Hammourabi*, p. 51.

chadouf. Il nous dit que la machine de l'article 259 est désignée par le mot *Gich-Apin,* lequel est souvent accompagné de l'indication de 2, de 4, de 6 ou de 8 bœufs (1), et, par déduction, il suppose que *Gich-Apin* signifie une *roue* avec traction de plusieurs bêtes ; remarquons que les attelages ne sont toujours que de deux animaux au joug de garrot et, dans le cas précédent, cela voudrait alors dire qu'il y avait 1, 2, 3 ou 4 roues *Gich-Apin* placées l'une à côté de l'autre, actionnées chacune par deux bœufs, de sorte que l'ensemble de leur installation comprenait 2, 4, 6 ou 8 animaux de travail. Enfin, à l'appui de sa thèse, V. Scheil nous écrit au sujet du mot assyrien *Apin* ou *epinnu* qu'on semble « le retrouver en hébreu : *ophan* (Lagarde pense qu'il est étranger à l'hébreu et qu'il a été emprunté à un peuple voisin). Or cet *ophan* hébreu se dit des *roues* du chariot de guerre : *Exode,* XIV, 25 — *Nahum,* III, 2, — des roues du chariot à battre le blé : *Proverbes,* XX, 26, — *Isaïe,* XXVIII, 27 ». Cependant nous pouvons rappeler que Strabon dit que ce qu'il appelle les *limaces* étaient mues par des hommes, et nous avons donné plus haut une phrase d'Hérodote (2) dans laquelle il ne parle que des machines qui élèvent l'eau d'irrigation *à force de bras ;* il ne mentionne aucune machine actionnée par des bœufs, machine si importante pour la vitalité des cultures et du pays qu'on ne peut supposer qu'elle ait été complètement oubliée des populations, à cause des nombreux troubles qui sévirent dans la période s'étendant de Khammourabi à Hérodote (407 avant notre ère) et à Strabon (50 avant notre ère).

(1) Selon une note qui nous a été remise récemment par M. V. Scheil, cette indication ne se trouve pas dans un texte *littéraire,* mais seulement dans une liste *grammaticale* ou *lexicographique* scolaire, analogue à nos dictionnaires. (Voir Delitzsch : *Handwört;* p. 618). — C'est avec un grand plaisir que nous remercions bien vivement M. V. Scheil, Directeur de la Section de Philologie et d'Antiquités Assyriennes à l'*Ecole Pratique des Hautes-Études,* de nous avoir donné les nombreux renseignements particuliers cités à diverses reprises au cours de notre travail, qu'il a même bien voulu accepter de relire.

(2) Hérodote, I, 193.

En tous cas, nous répétons que l'absence de documents ne nous permet pas, pour l'instant, de reconstituer ce *Gich-Apin,* à moins de faire de la fantaisie.

Dessèchements.

Au sujet des dessèchements, nous pouvons renvoyer à ce qui a été dit relativement à l'œuvre des ingénieurs de Khammourabi; presque tous les canaux drainaient, sur leur parcours, des marécages dont les terres étaient ainsi rendues à la culture; pour ces marais, il s'agit donc de ce que nous désignons, dans le cours de *Génie Rural,* sous le nom de dessèchements par écoulement naturel et continu de l'eau dans des canaux découverts. On voit, comme pour l'Egypte, que ces travaux ont dû nécessiter une série de connaissances et de procédés constituant l'Art de l'Ingénieur, à moins de supposer qu'ils aient été construits par avancées successives, à tâtons, avec de continuelles rectifications en cours d'exécution, ce qui aurait demandé un temps considérable, même avec de nombreux travailleurs non salariés comme les captifs à peine nourris; nous sommes donc obligés d'admettre qu'il y eut des études préliminaires, des avant-projets, des projets définitifs nécessitant l'emploi d'instruments de nivellement et de procédés graphiques reportant sur une épure les résultats des mesures faites sur le terrain et les cotes de l'ouvrage à effectuer. D'ailleurs on trouve, à l'appui de ce qui précède, de nombreux plans de propriétés, de canaux et de maisons. Quels sont donc les ingénieurs qui firent ces travaux dont le souverain, dans son despotisme, s'attribue tous les mérites de la conception et de l'exécution alors qu'il n'a été qu'un des moyens de faire le travail dont son Ministère des Finances était le premier à bénéficier ? Nous inclinons à penser que ce sont les prêtres (comme on en trouve dans d'autres pays de nombreux exemples avant et après l'époque que nous examinons en ce moment) qui ont

étudié ces travaux d'Hydraulique agricole; les Princes de l'Eglise en avaient le temps et étaient des plus intéressés à la prospérité et à la bonne marche politique du pays. Après les études et projets, entrepris par une foule d'anonymes, vérifiés par d'autres, le travail était imposé au souverain comme étant le commandement d'un des dieux populaires; c'est ce qui peut nous expliquer les tournures de phrases employées dans les inscriptions destinées à glorifier les travaux des rois assyriens, batailleurs et féroces, qui ne devaient se soucier de l'Agriculture que quand on leur annonçait que les réserves du *Trésor* commençaient à diminuer d'une façon inquiétante !

SUR

QUELQUES MALADIES BACTÉRIENNES

OBSERVÉES A LA

STATION DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

PAR LE

DOCTEUR GEORGES DELACROIX

MAITRE DE CONFÉRENCES A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION

Le Chancre du Peuplier

Depuis près de dix ans, la Station de pathologie végétale a reçu à plusieurs reprises et de diverses localités en France, des rameaux de Peuplier régénéré *(Populus canadensis varietas)*, présentant des chancres longitudinaux étendus.

Au point de vue de leur apparence extérieure, ces chancres ressemblent, à s'y méprendre, à ceux que produit sur nos arbres fruitiers ou forestiers le *Nectria ditissima ;* mais je dirai de suite que la cause est ici différente, car ce chancre du Peuplier est sûrement d'origine bactérienne, bien qu'il ait été rapporté par Nypels (1) à une Mucédinée non décrite, appelée par cet auteur *Hyalopus Populi.*

A l'état adulte, le Chancre du Peuplier se voit sur des rameaux de tout âge, mais il débute très généralement sur

(1) Nypels, *Notes pathologiques* (Bulletin de la Société royale botanique belge, tome 36, 1897).

les rameaux jeunes. Il présente sur ceux-ci des caractères assez particuliers qu'il est nécessaire de bien connaître pour les extirper à temps, s'il est possible de le faire, et arriver ainsi à entraver activement l'extension de la maladie.

Sur ces rameaux très jeunes, le chancre débute par la production sur l'écorce de taches oblongues disposées selon la longueur du rameau. L'écorce qui, à l'état normal, est d'un gris fauve foncé, prend dans la région des taches une teinte jaunâtre plus claire. Un peu plus tard, sur ces mêmes taches, le tissu cortical se boursoufle plus ou moins et assez irrégulièrement, et bientôt il ne tarde pas à se déchirer dans le sens longitudinal. C'est le début du chancre.



Fig. 1.
Chancre entièrement développé.

Si, à ce moment, ou même à la période précédente de préférence, avant l'ouverture de la plaie, on examine à la loupe une coupe transversale de l'écorce, dans la région renflée, on aperçoit dans le parenchyme cortical une partie colorée d'un jaune de rouille, qui corrrespond à la largeur de la partie renflée et la déborde même un peu, s'étendant en longueur aussi loin qu'elle.

L'étude microscopique montre que généralement la lésion débute dans la partie profonde du parenchyme cortical ou dans le tissu cellulaire qui avoisine le péricycle. On voit alors le tissu atteint brunir légèrement, membrane aussi bien que contenu, et quand la cellule est morte, le contenu

coagulé, brunâtre, se contracte et n'occupe plus entièrement le volume de la cavité cellulaire. Au début du processus de dégénérescence, la cellule présente dans son contenu protoplasmique des bactéries peu apparentes, à cause du peu d'amplitude de leurs mouvements. Quand la cellule est définitivement morte, on en trouve souvent de très mobiles, mais j'ai pu m'assurer que ces dernières ne sont que des saprophytes et n'appartiennent pas à la même espèce que la première, qui doit être considérée comme la cause du chancre. Celle-ci ne se rencontre que dans les cellules nouvellement atteintes et encore vivantes. J'en reparlerai dans un instant.

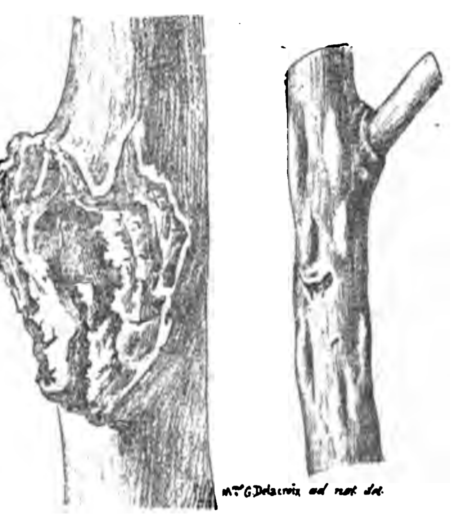


Fig. 2.
A droite, début du chancre sur un jeune rameau ; à gauche, chancre plus avancé.

La lésion progresse ; autour du groupe de cellules envahies au début, on en voit de nouvelles dans lesquelles l'apparence du contenu change et qui sont atteintes à leur tour. On peut, en tous cas, constater que la lésion a plus de tendance à s'étendre dans le sens longitudinal que dans le sens radial. A un moment donné, pourtant, les éléments du liber sont entièrement envahis, dans toute la région correspondant à la tache primitive, jusques et y compris le cambium. A partir de ce moment, le bois ne tarde pas à prendre une coloration brun fauve.

Peu de temps après la première phase de la maladie, alors que la lésion paraît encore localisée dans la partie profonde du parenchyme cortical, un nouveau phénomène intervient ; c'est la réaction de la plante. En général, cette réaction

s'établit à la fois dans l'écorce et le cylindre central. Elle commence dans le pourtour immédiat de la région où débute la maladie ; cette région devient alors génératrice et donne naissance, par des cloisonnements successifs, disposés, au début du moins et pour une cellule donnée, dans des plans parallèles, à un véritable bourrelet cicatriciel qui isole comme un séquestre le tissu atteint et mort. Le pression déterminée de dedans en dehors par la formation des hypertrophies de bourrelet détermine la rupture de la portion externe dans la région atteinte du rameau. Quand le bourrelet protecteur se forme au niveau du cambium, on comprend qu'il devienne complexe et possède des tissus lignifiés. Le bourrelet prenant une extension de plus en plus grande, les tissus qui lui sont extérieurs sont bientôt privés de connexions avec la partie vasculaire et vivante de la tige et ne tardent pas à se dessécher, car le bourrelet, à sa partie externe, est tapissé d'un tissu subérisé.

Il arrive très fréquemment, sinon toujours, que pendant la formation du bourrelet, les éléments cellulaires nouvellement constitués soient envahis à leur tour. Dès lors, un nouveau bourrelet, plus profond, et, par rapport aux lèvres de la petite plaie, interne au premier, prend naissance de la même manière. C'est ainsi que ce bourrelet se développant de plus en plus repousse le premier ; quant à la plaie primitive, qui n'a plus aucune tendance à la cicatrisation, elle est, de ce fait, devenue un chancre.

Sur les rameaux envahis très jeunes, peu volumineux, il ne se forme généralement qu'un seul bourrelet. L'afflux de matières nutritives qui viennent s'accumuler sur ce bourrelet amène, par inanition, le dessèchement progressif et la mort de la partie supérieure. Ces rameaux desséchés deviennent alors le support de saprophytes variés qui n'ont rien à voir avec la maladie actuelle. Ce n'est que lorsque la maladie débute sur un rameau d'au moins un an qu'on peut assister à la formation de ces gros chancres avec plusieurs bourrelets successifs. Ces bourrelets, souvent au nombre de trois, sur

les lèvres de la plaie, donnent au chancre du Peuplier son caractère spécial ; par suite même de leur analogie de formation avec les bourrelets dus au *Nectria ditissima* sur divers arbres, ils présentent avec ceux-ci de grands ressemblances, surtout quand le rameau porte une série pour ainsi dire ininterrompue de ces chancres disposés en longueur.

Les phénomènes de réaction qui se produisent dans le bois sont de nature très simple ; ils se bornent à la production de gomme de blessure, parfois de thylles, qui toutes deux prennent naissance par le procédé ordinaire pour beaucoup de plantes ligneuses, c'est-à-dire aux dépens des cellules périvasculaires vivantes du parenchyme ligneux. La gomme, d'abord à peu près hyaline, s'accumule dans le vaisseau et brunit bientôt. Le contenu des rayons médullaires brunit vite aussi. La teinte brunâtre de la gomme de blessure donne aux tissus ligneux avoisinant immédiatement le chancre la couleur qu'ils présententent à l'œil nu. Cette formation de gomme et de thylles est, on le sait, le mode général de réaction des tissus sclérifiés, et surtout du bois. Le but de cette formation est la protection du tissu contre l'extension du parasite. Il est à observer que la bactérie dont nous avons parlé est très rare dans le bois. Je ne l'ai pas vue dans les vaisseaux. Dans de rares circonstances, des cellules de rayons médullaires du bois récemment lignifiées, placées dans le voisinage d'un foyer, en peuvent également renfermer ; plus souvent, le parenchyme du bourrelet avant sa lignification en montre aussi ; l'évolution du contenu cellulaire est ici la même que celle plus haut décrite.

J'ai dit plus haut que les bactéries que renferment les cellules au début de l'attaque sont peu mobiles. Depuis longtemps, j'avais essayé la culture de la bactérie supposée du chancre du Peuplier que j'avais d'abord pensé trouver dans le bois. Le bois n'en montre pas en général, sinon quand il est jeune, et encore seulement de temps en temps. En ensemençant le tissu atteint, bois ou écorce, dans du bouillon de veau, je n'avais jamais pu obtenir une bactérie pathogène.

J'ai employé depuis 1905 un jus obtenu en triturant avec un peu d'eau des écorces de peuplier. Pendant sa préparation, le liquide brunit fortement, sans doute par l'effet de la libération de diastases oxydantes du contenu cellulaire qui oxydent le tanin ; cette coloration s'atténue d'ailleurs au bout de peu de temps. Ce liquide à peu près neutralisé est passé au filtre en porcelaine sous pression. Ensemencé avec un fragment de l'écorce de peuplier malade, prélevé aussi aseptiquement que possible, il cultive, et on peut y voir une bactérie assez peu mobile, que je n'ai pas observée par l'ensemencement dans le bouillon de veau. A partir du troisième passage, plus rarement du second, cette bactérie peut s'adapter aux milieux non vivants et elle se cultive alors sans difficulté dans un bouillon de veau stérilisé. Mais l'expérience m'a montré que dans de telles conditions, cette bactérie avait perdu ses propriétés infectantes.

Sur le jus de peuplier, la culture n'offre rien de particulier. Il n'y a pas de voile à la surface, le liquide reste assez clair ; au bout de quelque temps seulement un léger précipité se produit, constitué par les bactéries ayant cessé leur végétation.

Quand, au bout du troisième passage, la bactérie arrive à se développer sur le bouillon de veau, on voit celui-ci se troubler légèrement sans se colorer et sans présenter de voile. Au bout de quelque temps, un dépôt très léger se forme au fond. Sur gélatine et gélose, les caractères sont à peu près les mêmes ; la gélatine n'est pas liquéfiée. Les colonies sont isolées, de teinte opaline, presque transparentes, de taille très petite, n'atteignant pas un millimètre de diamètre, légèrement proéminentes, de forme hémisphérique, lisses et brillantes.

Cette Bactériacée ne prend pas le Gram ; elle ne présente ni cils, ni capsules, ni spores. Ses éléments sont isolés et ne forment pas de zooglées. La forme est arrondie ou très faiblement allongée dans les cultures un peu âgées. La dimension est de 1 μ à 1 μ,5 dans la plus grande longueur sur 1 μ de large,

Ce microcoque refuse de se développer dans un milieu qui n'est pas quelque peu alcalin ou tout au plus neutre. Je proposerai de l'appeler *Microccocus Populi* nov. sp. G. Delacroix.

L'infection jusqu'ici n'a pu être obtenue quand il n'existe aucune effraction de l'écorce. Dans la nature, elle peut être réalisée par la grêle ou par une plaie d'insecte. J'ai constaté parfois, dans le voisinage immédiat d'un chancre jeune, des cicatrices dont la nature n'est pas douteuse, et je pense qu'on ne peut les rattacher à autre chose qu'à la grêle. J'ai vu également dans plusieurs circonstances des perforations de l'écorce qu'il faut rapporter à l'action du rostre d'un insecte; des galeries de *Saperda populnea* étaient parfois aussi en corrélation évidente avec l'apparition du chancre.

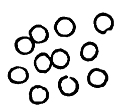


Fig. 3. *Micrococcus Populi.* Gr. 1800.

L'infection a été réalisée à plusieurs reprises dans le jardin de la Station de pathologie végétale sur le Peuplier régénéré, mais seulement avec une culture sur bouillon de Peuplier, confectionné comme il a été dit plus haut. La culture sur bouillon de veau a toujours eu un effet négatif. Ces infections n'ont réussi que sur des rameaux blessés préalablement à l'infection, et des débuts de chancre ont été observés.

La maladie, à ma connaissanse du moins, ne se voit que sur le Peuplier régénéré. Sans qu'on puisse établir avec certitude l'influence du sol, ce qui exige des observations nombreuses, il semble que c'est plutôt dans des sols se desséchant facilement que la maladie commet le plus de dégâts. Ne serait-ce pas parce que, dans ce cas, le Peuplier régénéré souffre des conditions dans lesquelles il végète?

Le traitement, autant qu'il semble jusqu'ici, ne peut être qu'un traitement d'extinction. Les arbres très gravement atteints qui constituent d'intenses foyers d'infection seront exploités; les rameaux chancreux, mis à part, seront brûlés *sur place*. Mais c'est surtout par l'excision des jeunes rameaux malades et leur incinération qu'on peut avoir le plus de chances

d'arrêter les progrès de la maladie. Aussi est-il absolument nécessaire de bien reconnaître avec certitude les caractères du début, pour pouvoir effectuer ce traitement d'extinction d'une façon profitable.

La Maladie bactérienne de la Pomme de terre

produite par le

Bacillus phytophthorus (Frank) O. Appel.

On a décrit sur la Pomme de terre plusieurs affections parasitaires de nature bactérienne. Il en est une parmi elles, fréquente en Allemagne, semble-t-il, où Frank, puis Appel (1) l'ont décrite sous le nom de «schwarzbeinigkeit» (maladie de la jambe noire), ou de « stengelfæule » (pourriture de la tige), et cette maladie existerait aussi en Angleterre (L. R. Jones), et, d'après Appel, en Hollande, en Russie. Je n'en connaissais pas, il y a deux ans, l'existence en France. Depuis cette époque, l'examen d'un certain nombre d'échantillons, corroboré par la culture d'une bactérie qui s'y trouvait, permet d'affirmer l'existence de cette maladie en France. Elle y paraît d'ailleurs, il est vrai, encore peu répandue. Cette bactérie est le *Bacillus phytophthorus* (Frank) Appel, décrite insuffisamment par Frank sous le nom de *Micrococcus phytophthorus*.

La maladie produite sur la Pomme de terre par cet organisme envahit la plante pendant la période de végétation active ; elle atteint plus spécialement la partie inférieure des

(1) Dr Otto Appel, *Untersuchungen über die Schwarzbeinigkeit und die durch Bakterien hervorgerufene Knollenfæule der Kartoffel* (Arb. aus der biol. Abteil. f. Land-und Forstw. am Kais. Gesundheitsamte, T. 3, 1903, Berlin).

tiges et souvent les tubercules, dont elle diminue toujours, et annule même assez souvent la récolte. Cette affection, en tous cas, présente avec celle que j'ai décrite sous le nom de *brunissure,* et qui est causée par le *Bacillus solanincola* (1) une ressemblance assez marquée pour qu'il soit souvent difficile d'établir entre elles deux le diagnostic différentiel, par l'examen des symptômes extérieurs et des caractères anatomiques.

Le premier signe est, dans les deux cas, le jaunissement des feuilles supérieures de la tige, suivi bientôt de leur dessiccation. En même temps, la base de la tige, aussi bien dans la partie souterraine que dans la partie aérienne, montre la lésion caractéristique : coloration en brun livide pouvant entourer tout l'organe, ramollissement du tissu envahi, dont la coupe permet de voir que la coloration brune les atteint également. L'examen attentif de la région permet souvent d'y rencontrer, si l'invasion est assez récente, une solution de continuité qui semble être la porte d'entrée du mal, et dont l'auteur est un insecte, ver blanc, ver gris, larve de taupin, etc... Plus tard, la région ramollie s'étend ; bientôt, elle ne tarde pas à se dessécher et la tige atteinte meurt définitivement. Les tubercules, quand ils se forment, montrent souvent des taches brunâtres, bien visibles à la coupe ; ils restent petits, avec une surface souvent ridée.

L'analogie entre ces deux maladies bactériennes se poursuit pour les caractères révélés par le microscope. La teinte brune qui débute dans les parties inférieures de la tige et s'étend vers le haut tient à la coloration que prennent les parois et le contenu des vaisseaux et des parenchymes dans la majeure partie du tissu envahi. Cette coloration résulte des phénomènes de réaction dont ce tissu est le siège et que la plante utilise pour empêcher la progression de la bactérie qui la parasite. La réaction, qui consiste dans

(1) Dr Georges Delacroix, *Rapport sur une maladie bactérienne nouvelle de la Pomme de terre* (Bulletin du Minist. de l'Agric., 1901, n° 5). — *La Brunissure de la Pomme de terre* (Bull. mensuel, Janvier 1903).

la production, aux dépens du parenchyme ligneux vivant périvasculaire, de thylles et de gomme de blessure brunissant rapidement, aboutit souvent à un résultat désastreux pour la plante. En effet, sous cette influence, et par suite de l'occlusion des vaisseaux, l'ascension des liquides séveux vers la partie supérieure de la tige est fortement gênée, et c'est là une cause active de dessiccation des feuilles supérieures.

La localisation des bactéries, nettement mobiles, est la même dans les deux cas : parenchyme cortical ou libérien, vaisseaux et parenchyme médullaire. De plus, j'ai pu constater que la bactérie, qu'il s'agisse du *Bacillus solanincola*, aussi bien que du *Bacillus phytophthorus*, est presque toujours accompagnée d'un mycélium de *Fusarium;* ce mycélium, qui, d'après nos recherches, *n'est pas parasite*, n'apparaît, dans un cas comme dans l'autre, que secondairement. On ne le rencontre pas sur la plante quand la maladie est à son début et j'incline à penser que les cas de parasitisme du *Fusarium oxysporum* récemment décrits en Amérique par E. F. Smith et D. B. Swingle (1) sur la Pomme de terre ne sont peut-être que des faits analogues à ceux que je décris.

La présence de ce mycélium de *Fusarium* n'a pas été notée par Appel dans la description qu'il donne du « schwarzbeinigkeit ».

L'exposé que je viens de donner de tous les faits concernant ces deux maladies bactériennes de la Pomme de terre démontre que la spécification de la bactérie reste le seul critérium pour un diagnostic précis de la maladie et on doit reconnaître que les caractères présentés par les cultures des deux bactéries sont assez différents pour que chacune de ces deux espèces observées en culture pure puisse être identifiées avec certitude.

Le *Bacillus phytophthorus* décrit avec détail par Appel

(1) Erwin — F. Smith and Deane B. Swingle, *The dry rot of potatoes due to* Fusarium oxysporum, in U. S. Department of Agriculture, bureau of plant industry, Bull. n° 55, Washington, 1904.

(*Ouvrage cité*) a une forme assez caractéristique en bâtonnet court et trapu ou en microcoque un peu plus allongé sur un axe, dont la dimension varie entre 1 μ et 1 μ, 75 sur le plus long axe et 0 μ, 8 à 1 μ dans le sens transversal, en conservant naturellement la forme décrite. Quelquefois, on assiste aux phénomènes de la scissiparité et chaque élément de la bactérie est formé de deux articles accolés. Il est très mobile, et d'après O. Appel, montrerait de longs cils, jusqu'à 6, que cet auteur a pu colorer par la méthode de Peppler. Je dois avouer que je n'ai pas réussi à observer de tels cils et à les colorer par aucune des méthodes usitées en bactériologie, et c'est la seule différence que je puisse noter entre les observations d'Appel et les miennes, au sujet de la bactérie en question. Mais si l'on considère que parfois l'observation de cils plus ou moins nettement colorés puisse prêter à des interprétations différentes, on comprendra que je n'accorde qu'une importance relative à ce caractère.

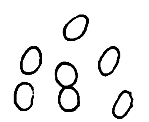


Fig. 4. *Bacillus phytophthorus.* Gross. 1800.

La bactérie ne prend pas le Gram. Je n'y ai rencontré ni zooglées, ni capsules, ni spores.

Les caractères des cultures de cette bactérie sont les suivants :

Sur bouillon, présence d'un voile, peu marqué d'ailleurs, ce qui indique l'aérobisme de l'espèce : liquide légèrement troublé, laissant un dépôt blanc assez peu abondant, constitué par les corps bactériens où la scissiparité s'est arrêtée. Le liquide accentue légèrement sa teinte à mesure que la culture vieillit. Le milieu devient très rapidement alcalin.

La gélatine se liquéfie très rapidement en forme de cupules et prend à peu près les caractères de la culture sur bouillon.

Sur gélose, colonies rapprochées, vitreuses, brillantes, à peu près arrondies, régulières à la surface, légèrement opalescentes, d'un diamètre de 2 à 4 mill., rarement plus. La gélose en solution, à 1, 2 pour 100 dans le bouillon de veau simple

montre souvent, mais non d'une façon permanente — et j'ignore pourquoi — une coloration pâle, d'un rose sale, qui trouble le milieu.

Sur Pomme de terre stérilisée, au bout de quelques jours, couche continue de couleur jaune pâle un peu sale.

En aucun cas, on ne rencontre de production de gaz.

Appel a obtenu des infections artificielles très nettes en se servant de tissus malades et de cultures bactériennes virulentes, et il a pu reproduire la maladie, non seulement sur Pomme de terre, mais aussi sur tomate et sur quelques autres plantes cultivées ou sauvages.

J'ai pu réaliser aussi des infections, mais seulement en me servant de cultures premières pures d'emblée et je dois constater que comme pour tous les cas de cette nature, la virulence ne se poursuit pas au delà de la troisième culture, qui fréquemment même n'est plus capable d'infecter. L'infection se réalise avec facilité sur des fragments de tubercules prélevés aseptiquement et placés en boîte de Pétri. Le brunissement apparaît vite et s'étend dans la profondeur en même temps qu'un revêtement gris sale, constitué par les bactéries, s'étend sur les portions centrales des régions brunies.

Le procédé conseillé par Emile Laurent pour rendre à une bactérie ses propriétés infectieuses réussit bien pour le *Bacillus phytophthorus* et il suffit de reporter une culture devenue non virulente sur un fragment de tubercule immergé pendant deux heures dans une solution de soude à 1/1000, pour que la bactérie reprenne ses propriétés infectantes primitives.

Appel déclare qu'il n'existe pas, chez la Pomme de terre, de variétés réfractaires à cette maladie, mais que les variétés tardives à peau épaisse, riches en amidon, sont plus résistantes. Je n'ai pas une expérience suffisante de la maladie pour ajouter quoi que ce soit à ces observations, car je n'ai pu jusqu'ici constater le mal que dans trois foyers : l'un dans le Nord, et deux autres en Seine-et-Oise. Les variétés envahies étaient la Hénaut ou Belle-de-Fontenay, la Strazelle, la Richter's Imperator, variété où la maladie

avait été certainement importée d'Allemagne, et une autre variété non déterminée.

La chaleur et l'humidité jouent, selon Appel, un rôle important et on le conçoit facilement. Je me suis rendu compte que l'influence de l'assolement et celle des engrais azotés sont non moins à considérer. Dans deux localités de Seine-et-Oise voisines l'une de l'autre, où la Pomme de terre, cultivée sur des terrains soumis à l'épandage des eaux d'égout de Paris, revient chaque année sur le même sol, l'influence du manque d'assolement d'une part, et de l'autre l'action de l'engrais fortement azoté, jointes à une humidité exagérée du sol, rendent cette maladie un fléau pour les cultivateurs qui pratiquent un tel mode de culture.

Dans cette même région, au contraire, les cultivateurs, moins nombreux d'ailleurs, qui emploient l'assolement normal, se plaignent à peine de cette maladie, quoiqu'elle y existe aussi, mais seulement par cas isolés et assez rares.

Le Bacillus solanincola G. Delacroix, que j'ai déjà décrit (*Ouvrage cité*) est assez différent du *Bacillus phytophthorus* pour qu'il soit impossible de les confondre.

Le *Bacillus solanincola ne liquéfie pas* la gélatine. J'ai dit cependant dans le mémoire en question que, tardivement, au bout d'une semaine au moins, « et à 18 ou 20°, la gélatine se liquéfie lentement et par sa surface ». Cette liquéfaction n'est pas due au *Bacillus solanincola ;* elle était produite par la présence d'une bactérie fort semblable à cette espèce par ses caractères de taille, de forme, de culture, de coloration, mais qui liquéfie lentement la gélatine. Ce n'est qu'assez récemment que par des repiquages de colonies isolées, obtenant des cultures qui tantôt liquéfiaient la gélatine, tantôt la laissaient intacte, l'erreur primitive a pu être rectifiée. Je dois ajouter que la bactérie qui rendait impures mes cultures de *Bacillus solanincola* peut être facilement différenciée de cette dernière par la culture sur tranches de pommes de terre stérilisées. Les caractères sont alors très différents. D'un autre côté, cette impureté s'est toujours montrée incapable d'attaquer la tige de Pomme de terre ou les tubercules.

Je n'ai rien à ajouter à la description que j'ai donnée antérieurement du *Bacillus solanincola*, sinon les caractères des cultures sur gélatine : Les colonies sont discoïdes, légèrement proéminentes, à bords réguliers, à surface mamelonnée, brillante, d'une couleur blanche, très faiblement jaunâtre.

Je dois dire enfin, qu'au point de vue pratique, la différenciation entre ces deux maladies de la Pomme de terre n'a aucune importance, car elles sont toutes deux justiciables du même traitement, celui dont j'ai donné les indications dans les deux mémoires précités.

Sur la Maladie appelée « Gras de l'Oignon »

Cette affection, qui jusqu'ici ne parait pas avoir été nettement spécifiée, n'est pas rare dans les cultures maraîchères des environs de Paris. On la voit plus souvent dans les terrains argileux, et c'est surtout au moment de la récolte qu'on peut apprécier les dégâts qui peuvent parfois intéresser une importante fraction du produit.

Les bulbes, qui sont la seule partie attaquée, présentent leurs tuniques externes desséchées, ternes. Les tuniques plus profondes non colorées perdent aussi leur éclat ; elles deviennent molles, granuleuses, s'écrasent facilement sous le doigt, sont onctueuses au toucher et finissent par s'éliminer en une pulpe d'odeur désagréable. Le plateau du bulbe, par où la maladie semble débuter, est constitué par des éléments morts, désagrégés. La sécrétion du parasite, qui est une bactérie, liquéfie et détruit rapidement le cadre intercellulaire. Du plateau, la maladie s'étend aux tuniques, mais son mode de progression n'est pas régulier ; tantôt la

maladie s'étend sur le bourgeon central, tantôt, au contraire, les tuniques extérieures sont envahies les premières.

Les oignons provenant d'une culture où la maladie s'est montrée de façon plus ou moins intense ne doivent pas être conservés ; ils doivent, autant que possible, être vendus et consommés aussitôt après la récolte. En effet, dans quelques bulbes peu atteints. la maladie continue à progresser et ils deviennent des foyers d'infection, ce qui augmente encore l'intensité du dommage.

La bactérie qui cause cette maladie se cultive très facilement. Dans le bouillon de veau, elle produit à la surface un voile discontinu, à peine marqué et rend le milieu blanchâtre, trouble, opaque, un peu visqueux à la fin. Les bactéries produisent un dépôt blanc, assez faible au fond du tube. Sur gélatine, les cultures sont d'abord arrondies, blanches, brillantes ; puis elles prennent un éclat métallique miroitant et deviennent opaques, d'aspect muqueux, irrégulières à leur surface. Isolées, elles ont environ 3 à 4 milimètres de diamètre, mais elles deviennent rapidement confluentes et s'aplatissent. La gélatine n'est pas liquéfiée. Sur gélose, les caractères sont à peu près les mêmes, mais les colonies sont plus mates. Les milieux de culture sont peu modifiés dans leur coloration ; le bouillon jaunit un peu quand la culture vieillit.

Fig. 5. *Bacillus cepivorus.* Gr. 1800.

Quand on ensemence la bactérie en profondeur dans la gélatine ou la gélose, on voit apparaître à la surface des bulles gazeuses très marquées.

Les bactéries se montrent assez courtes, ovoïdes, peu allongées, souvent associées par deux, sans inclusion aucune : leur dimension moyenne est de $1,\mu 25 \times 0,\mu 9$.

Elles se colorent facilement, ne prennent pas le Gram et ne montrent ni cils, ni spores.

Les cultures conservent pendant plusieurs générations leur pouvoir infectant. L'infection se produit avec une grande facilité à l'aide de la pulpe ou des cultures ; et sur les tuni-

ques jeunes, placées en milieu humide, la pénétration se fait sans plaie. J'appellerai cette espèce que je ne crois pas décrite *Bacillus cepivorus* nov. sp. G. Delacroix.

Le seul moyen d'arrêter ou plutôt d'empêcher les dégâts de la maladie consiste simplement à ne pas négliger la rotation des cultures ; l'addition de superphosphate de chaux au sol est également fort utile.

Des maladies bactériennes plus ou moins analogues ont été décrites sur l'Oignon par divers auteurs, Sorauer (1), Stewart (2), Halsted (3). Mais les descriptions de la maladie sont trop sommaires, la bactérie n'est pas convenablement spécifiée ; aussi est-il impossible de tenter aucune identification avec l'affection que je viens de décrire.

(1) P. Sorauer, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*, 2e édition, II, p. 103.

(2) Stewart, *New-York Experimental Station, Bulletin* n° 164.

(3) Halsted, *Eleventh Annual Report New-Jersey State agricultural Experiment Station*, 1890.

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'ORGE DE BRASSERIE

PAR

E. BOULLANGER ET **L. MASSOL**

INGÉNIEUR-AGRONOME
CHEF DE LABORATOIRE
A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

INGÉNIEUR-AGRONOME
ATTACHÉ
A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

Travail de la Station de Végétation de l'Institut Pasteur de Lille

---

La culture de l'orge de brasserie a donné lieu, depuis une quinzaine d'années, à un grand nombre de recherches. Cette orge doit en effet présenter un certain nombre de caractères botaniques et chimiques spéciaux, pour que son emploi en brasserie soit facile et avantageux. Au point de vue botanique, les grains doivent être d'une grosseur bien uniforme, et le poids de l'hectolitre doit atteindre 64 à 66 kg.; on doit éviter par suite les mélanges de variétés qui fournissent des grains différents, et on doit chercher à avoir recours au contraire à des types botaniques bien définis, qui livrent des grains bien homogènes. Au point de vue chimique, les orges de brasserie doivent être riches en amidon, pauvres en matières azotées, surtout en matières azotées solubles non coagulables par la chaleur. Ces besoins spéciaux de l'industrie rendent la culture

de l'orge de brasserie particulièrement délicate ; et il est très intéressant de rechercher d'une façon précise dans quelles conditions doit se faire cette culture pour arriver à produire des orges présentant au plus haut point les caractères demandés par le brasseur.

Cette étude complète exige des recherches d'ordre cultural, botanique et physiologique. Sous le rapport de la culture, il importe de déterminer la nature des terres particulièrement favorables, la place de l'orge dans l'assolement, la préparation du sol, les conditions dans lesquelles doivent se faire la récolte et la conservation. Au point de vue botanique, il est nécessaire de séparer d'abord les diverses variétés les unes des autres, puis de faire un choix parmi les variétés pures et bien définies soumises à l'expérimentation. Dans l'ordre physiologique enfin, il importe de reconnaître quelle est l'influence de la composition chimique du sol et des engrais qu'on ajoute sur les caractères de la récolte.

Le premier problème, relatif à la culture, est aujourd'hui résolu grâce aux travaux des agronomes français et étrangers. Nous savons que les meilleures terres pour l'orge de brasserie sont les terres moyennes, ni trop riches, ni trop pauvres, ni trop sèches, ni trop humides ; la meilleure place dans l'assolement paraît être après la betterave ou une plante sarclée ; la préparation du sol demande un labour profond avant l'hiver, et des hersages et roulages légers pendant la végétation ; enfin la récolte doit être faite quand la maturité et la dessiccation sont complètes.

La seconde étude, d'ordre botanique, a été entreprise il y a quelques années par la Société Française d'Encouragement à la culture de l'orge de brasserie. Cette Société a d'abord introduit en France un certain nombre de variétés pures d'orges exotiques de Suède, venant de l'Institut de Svalof, pour les expérimenter. M. Blaringhem, en outre, a cherché à sélectionner dans nos orges indigènes des types botaniques définis, afin de les introduire ultérieurement en grande culture. Ces recherches très intéressantes sont susceptibles

d'exercer une influence décisive sur l'amélioration de nos orges de brasserie.

Enfin la troisième question, d'ordre physiologique et chimique, présente également le plus haut intérêt. Elle consiste à déterminer l'influence de la composition chimique du sol sur le rendement et sur la composition chimique du grain et à reconnaître comment varie ce rendement et cette composition chimique de l'orge avec la nature et la dose des engrais ajoutés.

C'est ce dernier problème que nous avons cherché à résoudre dans le présent travail. Pour faire cette étude d'une façon précise, il est nécessaire d'avoir recours à la culture en pots, dans des terres différentes, en utilisant des variétés pures d'orges de brasserie, en présence de doses d'engrais croissantes et rigoureusement déterminées. Ce mode d'expérimentation est très précis, car il permet de placer tous les essais dans des conditions absolument identiques et de les rendre ainsi parfaitement comparables ; il élimine l'influence perturbatrice des variations atmosphériques ; il permet enfin de multiplier les essais et d'avoir ainsi d'un seul coup une vue d'ensemble sur les variations de la récolte et de sa composition chimique sous l'action des divers engrais.

Les méthodes de cultures en pots adoptées pour ce travail sont celles de Wagner, qui sont aujourd'hui répandues dans toutes les stations allemandes et autrichiennes de végétation. Nous les indiquerons ici sommairement, afin de bien faire connaître les conditions dans lesquelles ces expériences ont été effectuées.

Méthodes employées pour l'expérimentation en pots

Les pots employés sont cylindriques, en zinc, et leurs dimensions sont de 20 centimètres de diamètre et de 20 centimètres de profondeur. Sur le côté, se trouve un tube qui communique avec le fond du pot et s'ouvre en bas sur la

paroi latérale dans une gouttière mobile dentelée placée au fond (fig. 1). Le fond n'ayant pas d'ouverture, ce dispositif assure l'aération de la terre contenue dans le vase. Le pot est maintenu sur trois pieds, et on peut y fixer à la partie supérieure un grillage cylindrique léger, en fils de fer, pour maintenir les tiges des plantes quand elles sont élevées.

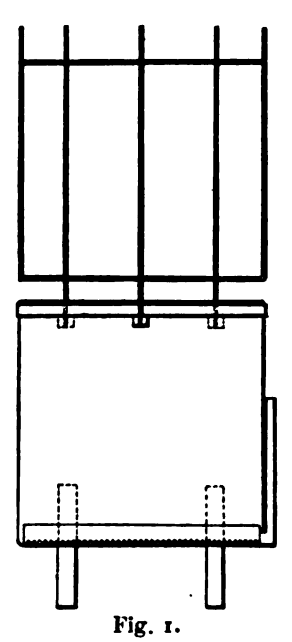


Fig. 1.

Ces pots sont placés sur de grands chariots qui roulent sur rails; on peut ainsi les amener rapidement au dehors, ou les rentrer au contraire sous une halle vitrée. La halle de végétation est constituée par un bâtiment complètement ouvert sur un côté, et vitré sur les autres faces, présentant l'aspect d'une petite gare terminus. Ses dimensions, à la station de végétation de Lille, sont de 7m50 de longueur, 9m50 de largeur, et 5m25 de hauteur. Sur le côté se trouvent des châssis roulants mobiles, très larges, qui permettent une aération parfaite; sur le toit sont disposés dans le même but des auvents. La toiture vitrée, très élevée, ne peut exercer aucun forçage sur les plantes, et l'aération facile qui se produit, grâce aux ouvertures latérales, assure à l'intérieur une température très voisine de celle du dehors. Les plantes sont donc simplement protégées des vents et des pluies quand elles sont abritées sous la halle. Les figures 2 et 3 représentent la disposition d'ensemble du bâtiment et des cultures expérimentales. La partie découverte est munie d'un filet de fils de fer pour protéger les cultures contre les oiseaux.

Les essais s'effectuent de la façon suivante. On commence par placer au fond du pot environ 500 gr. de gros gravier, à grains de 6 millim. environ, pour former une couche perméable

à l'air, et on amène avec ce gravier tous les pots à un même poids sur la bascule. On pèse alors pour chaque pot la même quantité de terre, qui est en moyenne, pour les pots de 20cm × 20cm, de 7 kg. ; on y ajoute les engrais à étudier, on les mélange intimement à la terre et on introduit celle-ci dans le pot. La terre doit être passée au préalable au tamis à

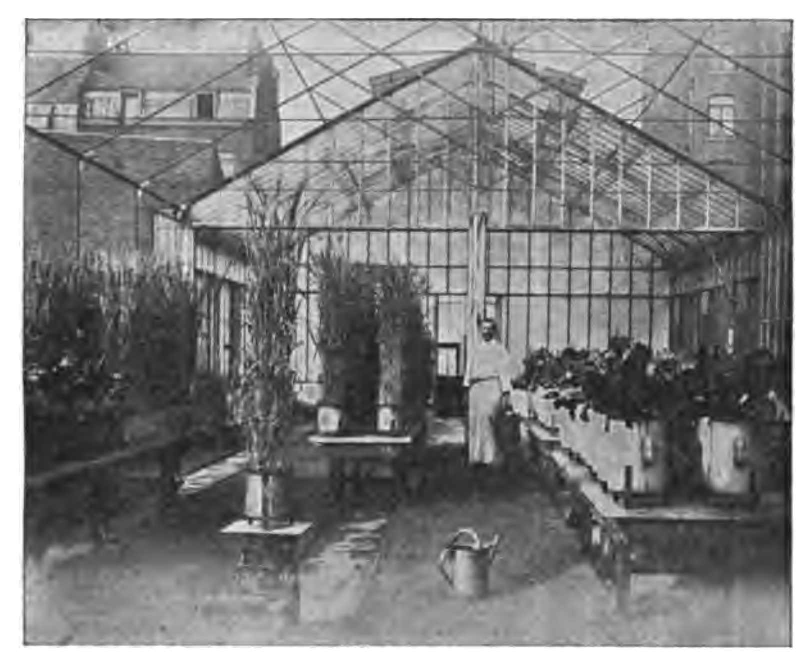


Figure 2. — La halle de végétation avec ses cultures expérimentales à l'Institut Pasteur, de Lille.

mailles de 0cm8 et ne pas être trop humide. Chaque pot porte un numéro d'ordre qui correspond à une expérience déterminée, et pour chaque essai on fait toujours deux ou trois pots identiques.

La terre placée dans chaque pot est alors additionnée d'un demi-litre d'eau, quantité largement suffisante pour les besoins de la plante. Cette proportion représente environ

50 o/o de la faculté d'imbibition de la terre pour l'eau. On ensemence alors les grains à étudier, à raison de 15 par pot, par exemple, en ayant soin d'en mettre le même nombre dans tous les pots. On achève alors de remplir le pot avec 700 gr. de terre sèche comme couverture et on amène ainsi tous les pots au même poids. La

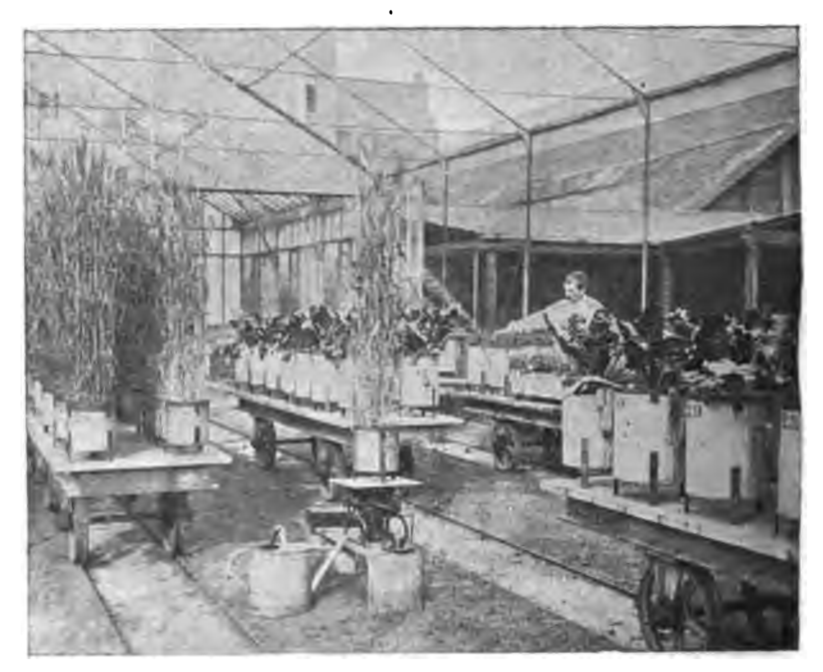


Figure 3. — Cultures expérimentales d'orges et de betteraves.

mise en marche des expériences se fait ordinairement à la fin de mars.

Tous les pots restent alors sur les chariots, sans arrosage et sous la halle largement ouverte et aérée, à l'abri de la pluie et des intempéries, jusqu'à la levée. Quand celle-ci s'est produite, on commence à rouler tous les jours les chariots au dehors, lorsqu'il fait beau, mais on les rentre par le

mauvais temps et toutes les nuits. Au bout de deux semaines, quand les plantes ont environ 7 à 8 centim., on commence à les peser et à rétablir le poids primitif en rajoutant l'eau consommée et évaporée. On utilise pour cette opération l'eau de pluie recueillie dans une citerne. Tous les jours, on ramène au poids primitif; bientôt les plantes sont assez fortes pour pouvoir rester sans cesse au dehors et recevoir les pluies. A



Figure 4. — Une série de cultures expérimentales d'orges de brasserie.

partir de ce moment, on laisse toujours les pots au grand air; la quantité d'eau qui peut tomber est très rarement suffisante pour compenser l'évaporation et la consommation par la plante, et chaque jour d'abord, puis deux fois par jour quand la végétation est active, on rétablit le poids primitif par addition d'eau de pluie. On augmente légèrement ce poids toutes les semaines d'après un barême qui donne la quantité

approximative de plante formée suivant sa hauteur au-dessus de la terre. Les plantes ne sont rentrées sous la halle qu'en cas d'orage ou de mauvais temps persistant. Tous les pots sont ainsi maintenus dans des conditions rigoureusement identiques jusqu'au moment de la récolte. Les hautes tiges et les épis sont protégés contre les vents par de légers cylindres en fils de fer qu'on place sur chaque pot. La figure 4 représente un groupe de pots d'orge quelques jours avant la maturité. Quand le grain est mûr, on coupe les plantes au niveau du sol, on pèse les récoltes et on procède à l'échantillonnage.

On voit que par ces méthodes on est tout à fait indépendant des influences extérieures : on peut ainsi faire des comparaisons extrêmement précises, et ce mode d'expérimentation est le plus rigoureux qu'on puisse adopter, quand une question peut être tranchée par l'expérience en pots. En outre, on réalise en quelque sorte des conditions idéales de culture. Les plantes se trouvent placées dans des pots en zinc, qui utilisent pour le mieux la chaleur solaire ; l'arrosage journalier est évidemment plus parfait que l'humidité d'un sous-sol ; l'aération est facilitée par le tuyau latéral et le drainage en cailloux du fond ; les plantes sont à l'abri de toutes les perturbations atmosphériques. Nous pouvons donc prévoir que les résultats que nous obtiendrons par ces méthodes seront exceptionnellement favorables ; ils constitueront en quelque sorte des résultats pratiques vus à la loupe, les conditions les meilleures de culture étant ici portées à leur maximum. Il ne faut donc pas généraliser les rendements obtenus par ces méthodes pour les rapporter à la pratique ; on doit demander seulement à ce mode d'expérimentation de nous donner des directions précises d'études, et d'une façon certaine le *sens* des actions étudiées. Sous ce rapport, ces cultures bien comprises présentent des avantages énormes. Elles fournissent, grâce à leur précision, des bases rigoureuses pour l'expérimentation pratique ultérieure, des points de départs bien définis, et évitent tous les tâton-

nements, les aléas, les longueurs et les répétitions que comporte l'expérience pratique directe. Leur commodité et le peu d'espace qu'elles exigent permettent de multiplier les essais, de serrer ainsi de plus près les problèmes, et d'obtenir rapidement des résultats d'ensemble. Elles permettent encore de traiter d'une façon rigoureuse la question des relations de composition chimique entre le sol et les cultures, comme dans le problème qui nous occupe pour l'orge de brasserie. On peut enfin, grâce à leur emploi, réaliser en quelque sorte l'analyse physiologique du sol par la plante, et avoir des renseignements rapides sur l'assimilabilité des éléments fertilisants contenus dans les terres expérimentées, ce que l'analyse chimique ne peut faire. Pour la potasse et l'acide phosphorique par exemple, on peut souvent obtenir par cette méthode des connaissances précises sur l'action des engrais phosphatés ou potassiques dans les terres étudiées.

Nature des expériences effectuées

Les expériences entreprises sur l'orge de brasserie ont porté sur deux terres du département du Nord : l'une, provenant de la propriété de M. Barrois-Brame, à Marquillies, est une terre à betteraves, argileuse et riche ; l'autre, venant de la propriété de M. Bonzel, à Flines-lez-Mortagne, est une terre siliceuse et pauvre. Voici d'ailleurs les résultats fournis par l'analyse physique et l'analyse chimique de ces terres, rapportés à 1000 de terre sèche :

ANALYSE PHYSIQUE

	MARQUILLIES	FLINES
Sable grossier	148,5	666,5
Sable fin	650,0	245,0
Argile	153,3	66,0
Humus	9,8	7,9

ANALYSE CHIMIQUE

	MARQUILLIES	FLINES
Azote	1,26	0,79
Potasse	1,66	0,76
Acide phosphorique	1,18	0,68
Chaux	13,80	2,40

Les variétés d'orges employées ont été des variétés pures de Svalof, dues à l'obligeance de M. Schribaux. On en a comparé deux : Hännchen et Primus.

Les engrais expérimentés ont été le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude, le tourteau de colza, le chlorure de potassium, le sulfate de potasse, le carbonate de potasse, le superphosphate de chaux, le phosphate des Ardennes. Pour l'étude de l'influence de la dose d'engrais sur la composition chimique de la récolte, nous avons choisi le sulfate d'ammoniaque comme engrais azoté, le superphosphate comme engrais phosphaté, et le chlorure de potassium comme engrais potassique. On a dosé l'azote, l'acide phosphorique et la potasse dans ces divers engrais, et on a déterminé ainsi la quantité nécessaire pour introduire dans la terre 1 gr. d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse.

Les doses employées ont varié de 0 à 1 gr. d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse par pot de $20^{cm} \times 20^{cm}$; et nous les avons fait croître de dixième en dixième, c'est-à-dire en leur donnant successivement les valeurs 0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ;..... 0,8 ; 0,9 ; 1,0. Il importe de remarquer que ces doses d'engrais sont pour la plupart très supérieures à celles qu'on emploie dans la pratique pour une surface équivalente. La dose maxima pratique correspond à peu près à la dose de $0^{gr}2$ pour un pot de 20 centim. de diam., c'est-à-dire de $3^{dmq}14$ de surface. Mais il ne faut pas perdre de vue que nos plantes ont à leur disposition un volume de terre beaucoup plus restreint que dans le sol naturel. Nous n'avons ici qu'une profondeur de 18 centim., tandis que dans les terres ordinaires cette profondeur peut être 4 ou 5 fois plus forte.

Les plantes, en étendant leurs racines dans le sol, ont donc à leur disposition beaucoup plus d'éléments fertilisants du sol que dans la culture en pots, et la dose pratique à laquelle l'engrais ne produit plus d'augmentation sensible de rendement y est atteinte beaucoup plus vite que dans la culture en pots. On comprend ainsi pourquoi il est nécessaire de forcer, dans ces cultures, les doses d'engrais employées.

Les essais sur les doses croissantes de chaque élément fertilisant ont été toujours effectués en présence de la dose maxima des autres éléments. Pour l'azote par exemple, tous les pots ont reçu 1 gr. d'acide phosphorique sous forme de superphosphate, et 1 gr. de potasse sous forme de chlorure de potassium, puis on a fait croître dans les divers pots l'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque, de 0 à 1 gr. en passant par les intermédiaires 0,1 ; 0,2 ; 0,3, etc.

Les cultures expérimentales ont été ensemencées le 17 avril à raison de 13 grains par pot ; la levée très régulière s'est faite huit jours après ; le développement a été parfaitement normal, à part dans quelques pots, particulièrement épais, qui ont souffert d'une faible attaque de rouille : cet accident a causé, comme nous le verrons plus loin, de légères irrégularités dans les récoltes de pailles. A la fin de juillet, les orges étaient tout à fait mûres et elles ont été récoltées dans les premiers jours du mois d'août.

Echantillonnages

Les épis ont été détachés et battus à la main. Les grains séparés ont été pesés et les résidus du battage ont été joints à la paille et pesés avec elle. On a obtenu ainsi d'une part la récolte de grain, d'autre part la récolte de paille et par suite la récolte totale. On a pris le poids de 100 grains, puis on a moulu la récolte et on a dosé, par les méthodes indiquées ci-dessous, l'humidité, l'amidon, l'azote sous ses diverses formes,

l'acide phosphorique et la potasse. Les pailles ont été également moulues, puis on a déterminé l'humidité, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse.

Méthodes d'analyse

L'humidité a été dosée par séjour à l'étuve à 105° jusqu'à ce que le poids ne varie plus.

Pour le dosage de l'amidon, 2 gr. de grains moulus ont été transformés en empois par 1/2 heure d'ébullition, refroidis à 68°, saccharifiés par la diastase jusqu'à ce que le microscope ne décèle plus d'amidon ; les produits de la saccharification, après filtration, ont été transformés en glucose par chauffage de 20 minutes à 120° à l'autoclave avec 2 o/o d'acide sulfurique (Inversion Grimbert), puis on a dosé le glucose par la méthode de Lehmann, modifiée par Maquenne.

L'azote total a été dosé par la méthode Kjeldahl, avec précipitation du mercure par l'hypophosphite de soude et distillation au serpentin ascendant d'Aubin.

Pour l'azote soluble, nous avons adopté le procédé suivant : macération pendant 5 heures de 5 gr. de grains moulus finement, dans l'eau froide ; lavage jusqu'à ce que les quantités d'azote entraînées deviennent négligeables (il faut environ 500cc). Sur une partie aliquote, on dose l'azote soluble par le procédé Kjeldahl ; sur une autre partie, on dose l'azote coagulable en portant à l'ébullition en présence d'acide acétique et filtrant.

L'acide phosphorique et la potasse ont été dosés par les méthodes usuelles, le premier à l'état de phospho-molybdate, la seconde à l'état de perchlorate.

I

Action des éléments fertilisants sur le poids de la récolte

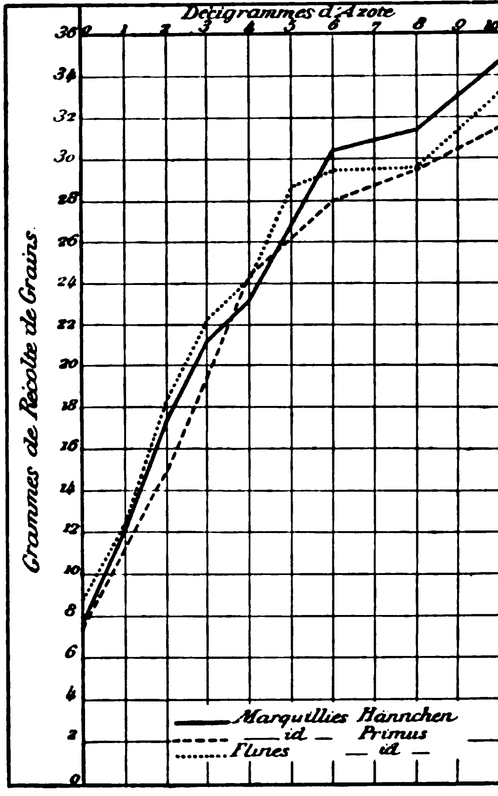
Nous avons expérimenté dans la terre de Marquillies, l'orge Hannchen et l'orge Primus ; dans la terre de Flines, l'orge Primus seule. Les cultures expérimentales ont reçu d'abord 1 gr. de deux éléments fertilisants, par exemple 1 gr. d'acide phosphorique et 1 gr. de potasse, puis on a fait croître le troisième élément, l'azote, sous forme de sulfate d'ammoniaque, de 0 à 1 gr. De même les essais sur l'acide phosphorique et la potasse ont été effectués, les premiers en présence de 1 gr. de potasse et 1 gr. d'azote, l'acide phosphorique, sous forme de superphosphate croissant de 0 à 1 gr. ; les seconds en présence de 1 gr. d'acide phosphorique et 1 gr. d'azote, la potasse, sous forme de chlorure de potassium, croissant également de 0 à 1 gr. L'augmentation des doses intermédiaires a varié soit par dixième de l'augmentation totale ($0^{gr}1$), soit par cinquième pour certains essais ($0^{gr}2$).

1° Action sur la récolte de grain

Les tableaux suivants indiquent les variations de la récolte de grain, ramenée à l'état sec, sous l'action des divers éléments fertilisants. Nous avons placé à côté de ces chiffres la variation moyenne de récolte pour $0^{gr}1$ d'élément fertilisant, prise par rapport au témoin. Ce chiffre permet de déterminer la dose pour laquelle la variation de rendement est maxima. Nous avons enfin indiqué le poids de 100 grains dans chaque essai.

a) **Influence de l'azote sur la récolte de grain.**

Nature de l'expérience	Récoltes de Grains à l'état sec en grammes			Variations moyennes du grain sec pour 0 gr. 1 d'azote			Poids de 100 grains au moment de la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H. (1)	P. (2)	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Az. 0,»	7,6	7,3	8,7	»	»	»	3,77	3,85	4,45
» 0,1	12,0	10,9	11,2	+ 4,4	+ 3,6	+ 2,5	4,15	4,87	4,51
» 0,2	17,4	14,9	18,4	+ 4,9	+ 3,8	+ 4,8	4,00	5,43	5,04
» 0,3	21,2	»	22,3	+ 4,5	»	+ 4,5	4,27	»	4,87
» 0,4	23,3	24,4	24,3	+ 3,9	+ 4,3	+ 3,9	4,22	4,65	4,72
» 0,5	27,1	»	28,6	+ 3,9	»	+ 3,9	4,33	»	4,37
» 0,6	30,4	28,0	29,4	+ 3,8	+ 3,4	+ 3,4	4,15	4,24	4,10
» 0,8	31,4	29,5	29,6	+ 3,0	+ 2,8	+ 2,6	3,52	4,23	3,76
» 1,0	34,7	31,5	33,3	+ 2,7	+ 2,4	+ 2,4	3,95	3,95	3,77



Graphique I.

Les variations de la récolte de grain sous l'action de l'azote sont réunies, pour les deux terres et les deux orges, dans le graphique I.

Nous voyons d'abord que dans les deux terres, et pour les deux variétés d'orges, l'addition de sulfate d'ammoniaque a fait croître fortement la récolte de grain. L'orge Hannchen paraît plus sensible à l'azote

(1) Hännchen.
(2) Primus.

que l'orge Primus dans la terre de Marquillies, et donne des rendements presque toujours supérieurs. Dans la terre pauvre de Flines, les rendements de l'orge Primus paraissent plus élevés que dans la terre riche de Marquillies. Les témoins y sont plus forts, probablement parce que cette terre possède l'azote à un état plus assimilable et nitrifie plus activement que la terre de Marquillies. Pour chaque terre et pour chaque orge, l'augmentation de rendement en grain pour 0gr1 d'azote ajouté croît jusqu'à la dose de 0gr2, puis elle diminue pour les doses supérieures. La dose de 0gr2 paraît donc être celle qui donne l'augmentation maxima de rendement. Cette augmentation est voisine de 5 gr. de grain pour 0gr1 d'azote et la récolte se trouve alors à peu près doublée. Pour les doses supérieures, l'action est moins forte. Ce résultat est tout à fait conforme aux expériences de Lawes et Gilbert à Rothamsted, qui ont constaté avec le blé qu'une dose de 90 kg. d'azote donne une augmentation de rendement double de celle que donne une dose de 45 kg. d'azote, tandis qu'une dose triple de 135 kg. d'azote donne une augmentation très inférieure au triple de l'augmentation donnée par 45 kg. Enfin, pour les deux variétés, le poids de 100 grains croît d'abord rapidement avec l'addition d'azote, puis il diminue et redevient égal ou même inférieur au témoin pour les très fortes doses d'engrais. Ce fait est surtout remarquablement net pour l'orge Primus. L'addition d'engrais azoté, tout en augmentant le rendement en grain, ne fait donc pas baisser la grosseur du grain et donne au contraire des grains plus lourds et plus pleins.

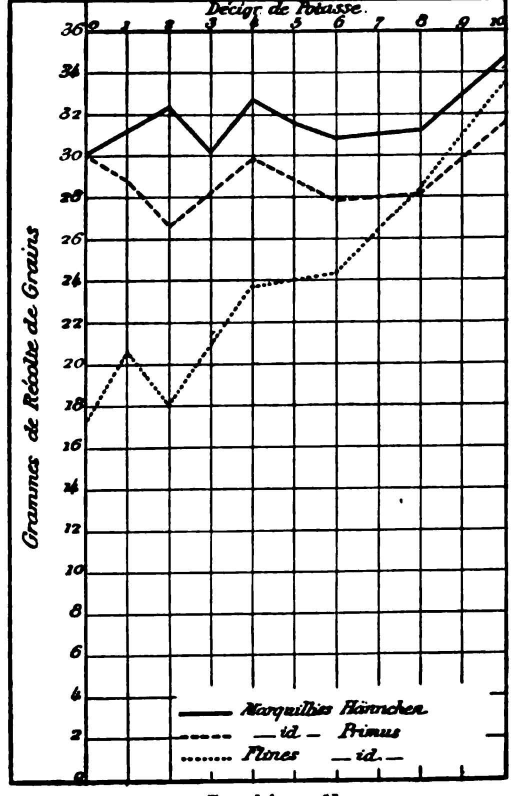
b) Influence de la potasse sur la récolte de grain.

Les variations de la récolte de grain sous l'action de la potasse sont réunies, pour les deux terres et les deux orges, dans le graphique II ci-après.

Ici nous trouvons entre les deux terres des différences notables. Dans la terre de Marquillies, l'addition de potasse, sous la forme de chlorure de potassium, a très légèrement favorisé l'orge Hannchen, mais l'augmentation de rendement est restée faible, et elle n'atteint que 1 gr. de grain pour

b) Influence de la potasse sur la récolte de grain.

Nature de l'expérience	Récoltes de Grains à l'état sec en grammes			Variations moyennes du grain sec pour 0 gr. 1 de potasse			Poids de 100 grains au moment de la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
K^2O 0,»	30,1	30,0	17,2	»	»	»	3,22	3.90	2,74
» 0,1	31,2	28,9	20,6	+1,1	−1,1	+3,4	4,01	3,81	2,92
» 0,2	32,3	26,7	18,0	+1,1	−1,6	+0,4	3,59	3,49	3,16
» 0,3	30,2	»	21,0	0	»	+1,3	3,37	»	2.95
» 0,4	32,8	29,9	23,7	+0,6	0	+1,6	3,54	3,78	3,40
» 0,5	31,6	»	»	+0,3	»	»	3.58	»	»
» 0.6	30,9	27,8	24,4	+0,1	−0,3	+1,2	3,44	3,99	3,07
» 0,8	31,3	28,2	28,4	+0,1	−0,2	+1,4	3,58	3,89	3,25
» 1,0	34,7	31,5	33,3	+0,4	+0,1	+1,6	3,95	3,95	3,77



Graphique II.

0 gr 1 de potasse dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire pour les doses 0 gr 1 et 0 gr 2 de K^2O. Dans la même terre, la potasse n'a eu aucune action sur l'orge Primus ; certains pots sont même parfois inférieurs au témoin : ce fait tient à ce que cette série a légèrement souffert de la rouille en pleine végétation. Mais dans la terre de Flines, pauvre en potasse, l'action du chlorure de potassium sur l'orge

Primus a été manifeste. La première dose de 0gr1 de potasse a produit une augmentation très sensible de rendement, puis les doses successives ont donné des augmentations plus faibles et à peu près constantes de 1gr4 par 0gr1 de potasse introduite. Finalement la récolte de grain s'est trouvée à peu près doublée, pour la dose massive de 1 gr. de potasse.

L'action de la potasse sur le poids du grain n'est pas très sensible dans la terre de Marquillies, à part peut-être pour l'orge Hannchen où le témoin sans potasse a fourni un grain notablement plus petit ; mais elle est caractéristique dans la terre de Flines. Le témoin a donné un grain pailleux, très irrégulier, et le poids du grain a nettement augmenté dans tous les pots qui ont reçu de la potasse.

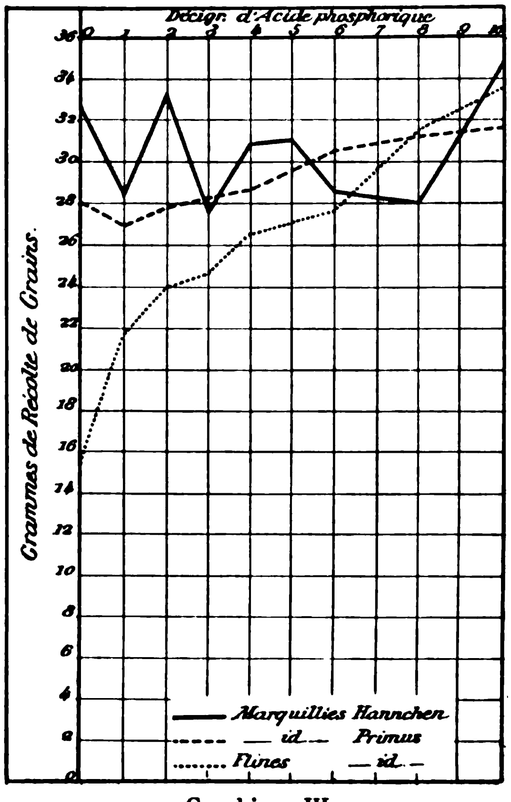
c) Influence de l'acide phosphorique sur la récolte de grain.

Nature de l'expérience	Récoltes de Grains à l'état sec en grammes			Variations moyennes du grain sec pour 0 gr. 1 d'ac. phos.			Poids de 100 grains au moment de la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
P^2O^5 0,»	32,6	28,0	15,0	»	»	»	3,63	3,35	3,19
» 0,1	28,3	26,8	21,4	—4,3	—1,2	+6,4	2,98	3,61	3,83
» 0,2	33,1	27,7	23,8	+0,2	—0,1	+4,4	3,58	4,04	3,51
» 0,3	27,4	»	24,3	—1,7	»	+3,1	2,62	»	3,73
» 0,4	30,7	28,5	26,3	—0,5	+0,1	+2,8	3,44	4,20	3,69
» 0,5	31,9	»	»	—0,1	»	»	3,72	»	»
» 0,6	28,4	30,4	27,5	—0,7	+0,4	+2,1	2,66	3,74	3,68
» 0,8	28,0	31,0	31,4	—0,6	+0,4	+2,0	2,63	4,19	4,26
» 1,0	34,7	31,5	33,3	+0,2	+0,4	+1,8	3,95	3,95	3,77

Les variations du poids de la récolte de grain sous l'influence de l'acide phosphorique sont résumées, pour les deux orges et les deux terres, dans le graphique III ci-contre.

Un accident survenu dans les pots 0,1 ; 0,3 ; 0,6 et 0,8 de Marquillies, orge Hannchen, a causé des irrégularités. Ces quatre essais ont été particulièrement éprouvés, par suite de

leur situation sur le chariot par un violent orage qui a abattu une partie des épis avant leur pleine maturité. La récolte renfermait par suite une quantité assez forte de petits grains, qui a causé, dans ces essais, l'abaissement anormal du poids de 100 grains et une diminution du poids de la récolte. On voit d'ailleurs que pour les deux orges, dans la terre de Marquillies, l'addition d'acide phosphorique a très légèrement augmenté la récolte, mais les variations sont peu sensibles et ne deviennent appréciables que pour les fortes doses de superphosphate (0gr 8 à 1 gr. de P^2O^5).



Graphique III.

Dans la terre de Flines, pauvre en acide phosphorique, l'action favorisante du superphosphate sur la récolte de grain est manifeste. De faibles quantités d'acide phosphorique augmentent beaucoup la récolte, et c'est avec la dose de 0gr 1 que l'accroissement pour 0gr 1 est maximum : le poids de la récolte est alors augmenté de près de moitié. Les doses successives ajoutées ensuite produisent aussi une augmentation, mais de plus en plus faible. Pour une dose de 0gr 4, la

récolte est presque doublée, et l'augmentation du grain devient alors très faible si on fait croître encore la dose d'acide phosphorique.

Si nous laissons de côté les poids de 100 grains de l'orge Hannchen, à cause de l'accident qui a rendu ces poids irréguliers, nous voyons que dans les deux terres, pour l'orge Primus, l'acide phosphorique a augmenté le poids de 100 grains et par suite la grosseur du grain.

2° Action sur la récolte de paille

Les tableaux suivants indiquent les variations de la récolte de paille, ramenée à l'état sec, sous l'action des divers éléments fertilisants. Comme pour les grains, nous avons placé à côté de ces chiffres les variations moyennes de la paille pour 0gr 1 d'élément fertilisant, prises par rapport au témoin. Nous y avons joint la proportion de grain formé pour 100 de paille.

a) Influence de l'azote sur la récolte de paille.

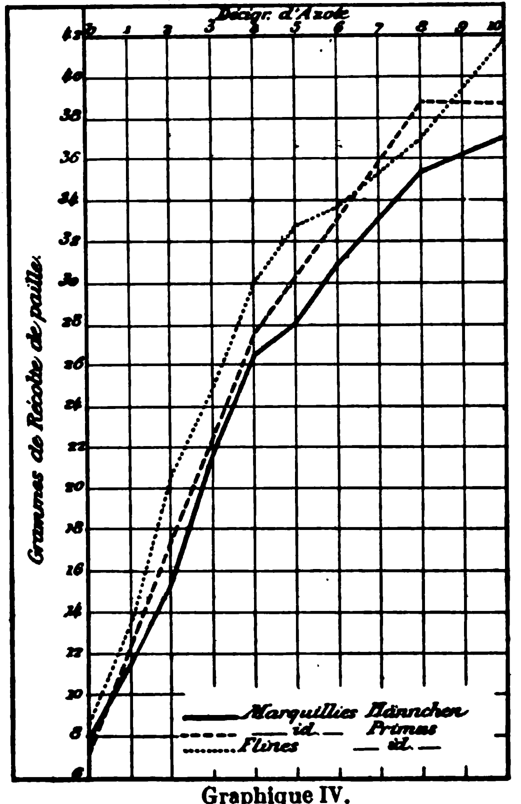
Nature de l'expérience	Récolte de Paille à l'état sec en grammes			Variations moyennes de la Paille sèche pour 0 gr. 1 d'azote			Proportion de Grain sec pour 100 de paille sèche		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
Az. 0,»	7,85	7,66	8,30	»	»	»	96,8	95,3	104,8
» 0,1	11,45	12,16	13,49	+3,6	+4,5	+5,2	104,8	89,6	83,0
» 0,2	15,29	17,47	20,64	+3,7	+4,9	+6,1	113,8	85,3	89,1
» 0,3	21,51	»	24,79	+4,6	»	+5,3	98,5	»	89,5
» 0,4	26,47	27,47	29,96	+4,7	+4,9	+5,4	88,0	88,8	81,1
» 0,5	28,05	»	32,90	+4,0	»	+4,9	96,6	»	86,9
» 0,6	30,85	33,42	33,70	+3,8	+4,3	+4,2	98,5	83,7	87,2
» 0,8	35,44	38,66	36,95	+3,4	+3,9	+3,6	88,5	76,3	80,1
» 1,0	37,06	38,69	41,92	+2,9	+3,1	+3,4	92,2	81,4	79,4

Les variations de la récolte de paille, sous l'influence des doses croissantes d'azote, sont résumées dans le

graphique IV pour les deux orges et les deux terres.

Comme pour le grain, nous voyons que la récolte de paille dans les deux terres et pour les deux orges a fortement augmenté sous l'action du sulfate d'ammoniaque.

L'orge Hannchen fournit moins de paille que l'orge Primus. Nous retrouvons aussi, comme nous l'avons déjà trouvé pour le grain, pour l'orge Primus, des rendements en paille dans la terre pauvre de Flines presque toujours supérieurs aux rendements obtenus avec la même orge en terre de Marquillies. Les témoins sont plus forts et les différences sont surtout sensibles pour les faibles doses d'engrais. L'augmentation de récolte de paille pour o gr 1 d'azote introduit croît, pour toutes les terres, jusqu'aux doses de o gr 3, o gr 4 environ, puis décroît, comme nous l'avons vu pour le grain. L'augmentation maxima est en général aux environs de la dose o gr 4, elle est donc atteinte plus tard que pour le grain où elle était située à la dose o gr 2. Cette augmentation maxima est, comme pour le grain, voisine de 5 gr. de paille pour o gr 1 d'azote introduit. La récolte de paille



Graphique IV.

se trouve ainsi doublée pour une dose de 0gr2 d'azote, triplée pour une dose de 0gr3, quadruplée pour une dose de 0gr4; pour les doses supérieures, l'action devient moins forte.

Chez l'orge Primus et dans les deux terres, l'augmentation de la paille sous l'action de l'azote est toujours plus forte que l'augmentation du grain, de sorte que la proportion de grain formé pour 100 de paille diminue quand l'azote croît. Ce fait est particulièrement net dans la terre de Marquillies. Avec l'orge Hannchen, la production du grain semble être plus favorisée que celle de la paille au début, pour les faibles doses d'azote; mais bientôt l'augmentation de la paille l'emporte sur celle du grain et le rapport du grain à la paille s'abaisse.

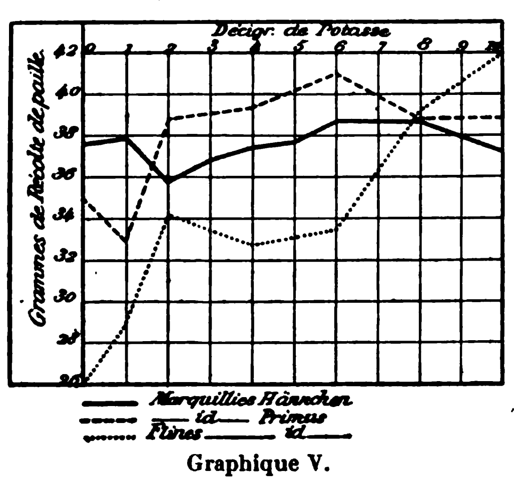
b) Influence de la potasse sur la récolte de la paille.

Nature de l'expérience	Récolte de Paille à l'état sec en grammes			Variations moyennes de la Paille sèche pour 0 gr. 1 de potasse			Proportion de Grain sec pour 100 de paille sèche		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
K^2O 0,»	37,46	34,89	26,03	»	»	»	80,4	85,9	66,0
» 0,1	37,83	32,76	28,82	+0,4	−2,1	+2,8	82,4	88,2	71,4
» 0,2	35,73	38,57	34,21	−0,9	+1,8	+4,1	90,4	69,2	52,6
» 0,3	36,68	»	33,39	−0,3	»	+2,4	82,3	»	62,9
» 0,4	37,34	39,15	32,75	0	+1,1	+1,7	87,8	76,3	72,3
» 0,5	37,56	»	»	0	»	»	84,1	»	»
» 0,6	38,59	40,68	33,40	+0,2	+1,0	+1,2	80,1	68,3	73,0
» 0,8	38,54	38,60	39,03	+0,1	+0,5	+1,6	81,2	73,0	72,7
» 1,0	37,06	38,69	41,92	0	+0,4	+1,6	92,2	81,4	79,4

Les variations de la récolte de paille sous l'action des doses croissantes de potasse sont résumées, pour les deux terres et les deux orges, dans le graphique V ci-contre.

Les différences sont encore ici très notables entre les deux terres. Dans la terre riche de Marquillies, l'addition de potasse n'a eu aucun effet sensible sur l'orge Hannchen; elle a produit en général une très légère augmentation de paille

sur l'orge Primus. Nous avons déjà signalé à propos du grain que la rouille a causé dans cette série de petites irrégularités qu'on constate aussi sur la récolte de paille. Mais, dans la terre de Flines, la potasse a eu une action très sensible sur la production de la paille. La variation de poids augmente d'abord jusqu'à la dose de $0^{gr}2$, puis diminue et reste pour les doses supérieures au voisinage de $1^{gr}5$ de paille par $0^{gr}1$ de potasse. Le maximum d'effet utile se trouve à la dose de $0^{gr}2$, qui augmente de 1/3 le rendement en paille par rapport au témoin, tandis que la dose de 1 gr. de K^2O, quintuple de la précédente, n'a produit qu'une augmentation de récolte de la moitié du rendement du témoin.



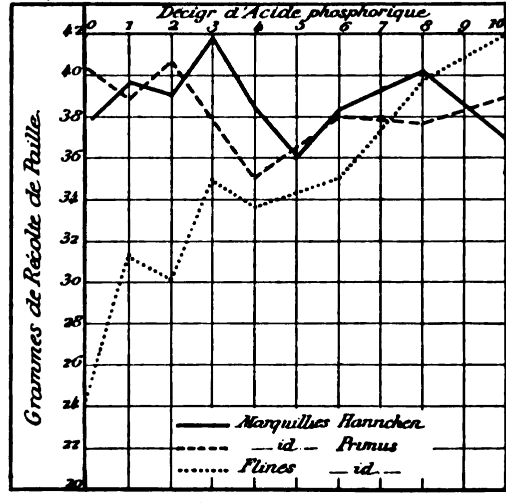
Graphique V.

L'influence de la potasse sur les proportions relatives de paille et de grain n'est pas nette dans la terre de Marquillies. On comprend qu'elle soit peu sensible, puisque la potasse n'agit pour ainsi dire pas dans cette terre. Dans la terre de Flines, la potasse a en général favorisé davantage la production du grain que celle de la paille; en effet, la proportion de grain pour cent de paille est plus élevée que dans le témoin pour tous les essais qui ont reçu plus de $0^{gr}3$ de potasse.

c) **Influence de l'acide phosphorique sur la récolte de paille.**

Nature de l'expérience	Récolte de Paille à l'état sec en grammes			Variations moyennes de la Paille sèche pour 0 gr. 1 d'ac. phos.			Proportion de Grain sec pour 100 de paille sèche		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr	gr.	gr.			
P^2O^5 0,»	37,6	40,31	23,97	»	»	»	86,7	69,4	62,5
» 0,1	39,46	38,92	31,26	+1,9	−1,4	+7,3	71,7	68,8	68,4
» 0,2	38,98	40,75	30,07	+0,7	+0,2	+3,0	84,9	67,9	79,1
» 0,3	41,86	»	34,77	+1,4	»	+3,6	65,4	»	69,8
» 0,4	38,50	34,84	33,75	+0,2	−1,4	+2,4	79,7	81,8	77,9
» 0,5	35,96	»	»	−0,3	»	»	88,7	»	»
» 0,6	38,27	38,96	35,16	+0,1	−0,3	+1,9	74,2	77,0	78,2
» 0,8	40,17	37,71	39,76	+0,3	−0,3	+2,0	69,7	82,2	79,0
» 1,0	37,06	38,69	41,92	−0,1	−0,2	+1,8	92,2	81,4	79,4

Les variations du poids de la récolte de paille sous l'influence de l'acide phosphorique sont résumées, pour les deux orges et les deux terres, dans le graphique VI.



Graphique VI.

L'inspection du tableau précédent montre que la récolte de paille de l'orge Hannchen n'a pas été sensiblement influencée par l'addition d'acide phosphorique dans la terre de Marquillies. Il en est de même pour l'orge Primus dans la même terre. Dans cette terre riche, l'acide phosphorique n'a donc eu aucune action bien nette. Au contraire, dans la terre de Flines, pauvre en acide phosphorique, l'action favorisante

du superphosphate est facile à constater. Comme pour le grain, il suffit d'une très faible dose d'acide phosphorique pour augmenter le rendement en paille, et c'est avec la première dose de 0gr1 d'acide phosphorique que l'accroissement pour 0gr1 d'acide phosphorique est maximum. On augmente ainsi presque d'un tiers la récolte de paille. Les doses successives produisent des accroissements de moins en moins accentués, et la récolte de paille est à peu près doublée pour la dose maxima de 1 gr. d'acide phosphorique.

Si nous laissons de côté les rapports de la paille au grain pour l'orge Hannchen, à cause de l'accident d'orage signalé plus haut, qui a rendu ces rapports irréguliers, nous voyons que pour l'orge Primus l'acide phosphorique a augmenté la proportion de grain par rapport à la paille. Le fait est particulièrement net dans la terre de Flines, où l'acide phosphorique a produit des accroissements sensibles de récolte. Dans cette terre, une faible dose d'acide phosphorique (0gr1 à 0gr2) augmente la proportion de grain pour 100 de paille, et avec les fortes doses ce rapport est toujours plus élevé que dans le témoin.

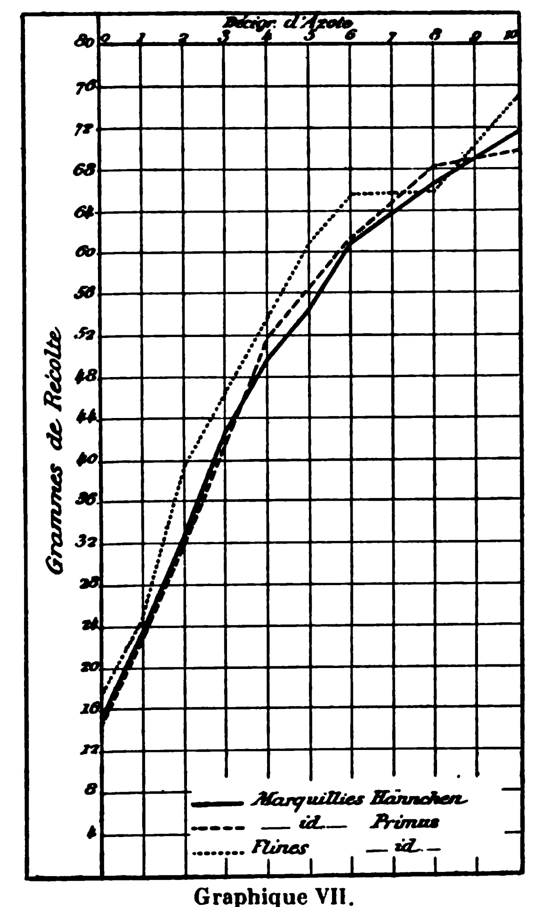
3° Action sur la récolte totale

a) Influence de l'azote sur la récolte totale.

Nature de l'expérience	Récolte totale sèche en grammes			Variations moyennes de la récolte totale sèche pour 0 gr. 1 d'azote		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Az. 0,»	15,45	14,96	17,00	»	»	»
» 0,1	23,45	23,06	24,69	+ 8,0	+ 8,1	+ 7,7
» 0,2	32,69	32,37	39,40	+ 8,6	+ 8,7	+ 11,2
» 0,3	42,71	»	47,09	+ 9,1	»	+ 10,0
» 0,4	49,77	51,87	54,26	+ 8,6	+ 9,2	+ 9,3
» 0,5	55,15	»	61,50	+ 7,9	»	+ 8,9
» 0,6	61,25	61,42	66,10	+ 7,6	+ 7,7	+ 8,2
» 0,8	66,84	68,16	66,55	+ 6,4	+ 6,6	+ 6,2
» 1,0	71,76	70,19	75,22	+ 5,6	+ 5,5	+ 5,8

Le tableau qui précède et les tableaux et graphiques suivants résument les variations de la récolte totale, paille et grain réunis, sous l'action des doses croissantes des divers éléments fertilisants.

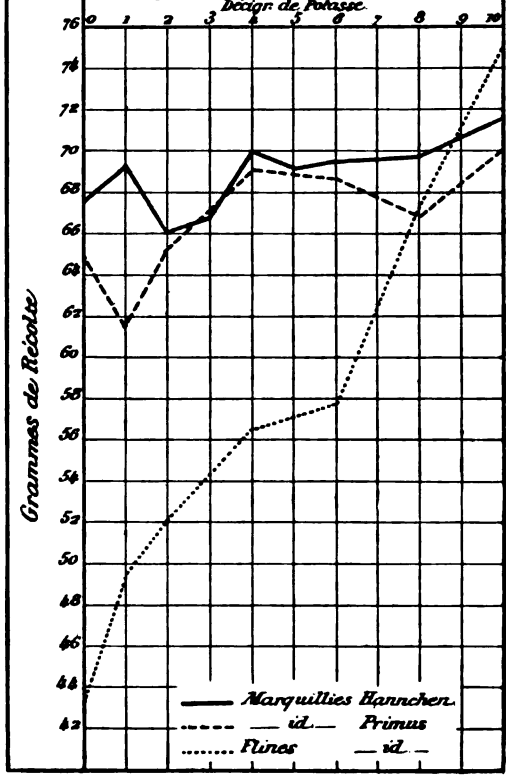
Le sens des résultats est le même que dans les tableaux précédents. Partout l'azote a augmenté la récolte totale et c'est surtout dans la terre de Flines que cette augmentation est forte. La dose d'azote qui produit l'effet maximum sur la récolte totale est encore la dose de 0gr2 d'azote pour la terre de Flines et la dose de 0gr3 pour la terre de Marquillies. Remarquons enfin que, dans la terre pauvre, les rendements sont toujours plus élevés que dans la terre riche, dans les mêmes conditions.



Graphique VII.

b) **Influence de la potasse sur la récolte totale.**

Nature de l'expérience	Récolte totale sèche en grammes			Variations moyennes de la récolte totale sèche pour 0 gr. 1 de potasse		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
K^2O 0,»	67,56	64,89	43,25	»	»	»
» 0,1	69,03	61,66	49,42	+ 1,5	— 3,2	+ 6,2
» 0,2	66,03	65,27	52,21	— 0,8	+ 0,2	+ 4,5
» 0,3	66,88	»	54,39	— 0,2	»	+ 3,7
» 0,4	70,14	69,05	56,45	+ 0,6	+ 1,0	+ 3,3
» 0,5	69,16	»	»	+ 0,3	»	»
» 0,6	69,49	68,48	57,80	+ 0,3	+ 0,6	+ 2,4
» 0,8	69,84	66,80	67,43	+ 0,3	+ 0,2	+ 3,0
» 1,0	71,76	70,19	75,22	+ 0,4	+ 0,5	+ 3,2



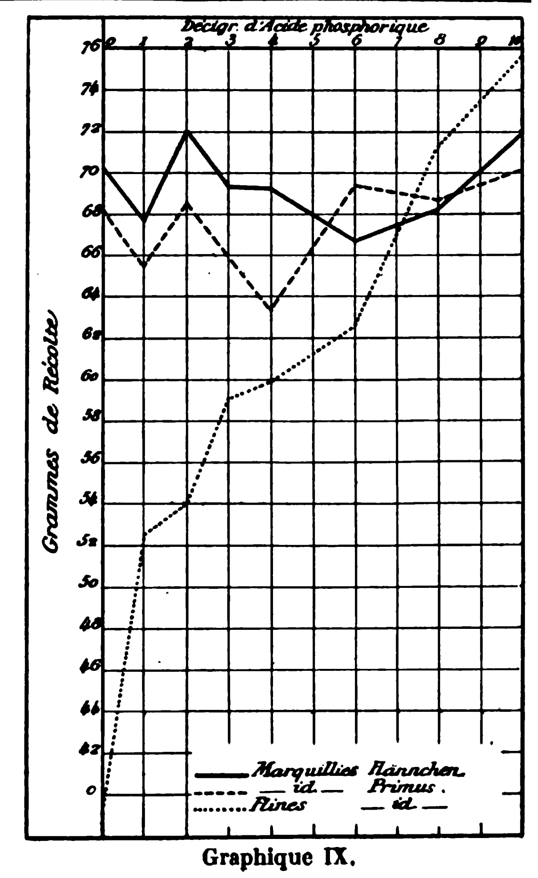
Graphique VIII.

On voit que la récolte totale a été très légèrement augmentée dans la terre de Marquillies, pour les deux orges, mais les différences sont peu sensibles et seraient inappréciables dans la pratique. Au contraire, dans la terre de Flines, la potasse a fait croître nettement la récolte et le maximum d'effet utile est atteint pour les faibles doses de 0gr1 à 0gr2.

c) Influence de l'acide phosphorique sur la récolte totale.

Nature de l'expérience	Récolte totale sèche en grammes			Variations moyennes de la récolte totale sèche pour 0 gr. 1 d'acide phosphor.		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
P^2O^5 0,»	70,20	68,31	38,97	»	»	»
» 0,1	67,76	65,72	52,66	— 2,4	— 2,6	+ 13,7
» 0,2	72,08	68,45	53,87	+ 0,9	+ 0,1	+ 7,4
» 0,3	69,26	»	59,07	— 0,3	»	+ 6,7
» 0,4	69,20	63,34	60,05	— 0,2	— 1,4	+ 5,3
» 0,5	67,86	»	»	— 0,5	»	»
» 0,6	66,67	69,36	62,66	— 0,6	+ 0,2	+ 4,0
» 0,8	68,17	68,71	71,16	— 0,3	+ 0,1	+ 4.0
» 1,0	71,76	70,19	75,22	+ 0,2	+ 0,2	+ 3,6

Il n'y a pas d'action sensible de l'acide phosphorique sur la récolte totale dans la terre de Marquillies. Dans la terre de Flines, l'acide phosphorique a agi très fortement surtout aux doses faibles de $0^{gr}1$ à $0^{gr}2$.



Graphique IX.

4° Influence de divers engrais sur la récolte

Les expériences qui suivent se rattachent à une série d'essais différente de celle qui précède. Ces expériences ont été effectuées en 1903 sur l'orge Chevalier du commerce, et non sur des variétés pures. La terre employée était une terre de Marquillies, dont la composition était analogue à celle qui a été utilisée pour les essais précédents. On a comparé dans cette terre l'action de divers engrais azotés, phosphatés et potassiques, et les résultats obtenus sont réunis dans les tableaux suivants.

a) Action de divers engrais sur le poids de la récolte.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Grain sec en grammes	Paille sèche en grammes	Récolte totale en grammes	Poids de 100 grains	Proportion de grain pour 100 de paille
Sans engrais	13,93	18,18	32,11	3,74	76,6
1 gr. Az. (Sulfate d'ammoniaque)	39,95	49,75	89,70	3,34	80,3
1 gr. K^2O (chlorure de potassium)	15,55	18,76	34,31	4,23	82,8
1 gr. P^2O^5 (superphosphate)	16,71	18,10	34,81	3,88	92,3
1gr K^2O — 1gr P^2O^5, sans azote	15,59	17,94	33,53	3,65	86,9
» » 0,5 az. (nitrate)	40,45	45,01	85,46	4,61	89,8
» » 1,0 az. (nitrate)	49,94	50,76	100,70	4,52	98,3
» » 0,5 az. (sulf. amm.)	37,56	37,92	75,48	4,09	99,0
» » 1,0 az. (sulf. amm.)	45,64	51,28	96,92	3,98	89,0
» » 1,0 az. (tourt. de colza)	51,10	54,27	105,37	4,53	94,1
1gr Az — 1gr P^2O^5, sans K^2O	38,45	45,28	83,73	3,50	84,9
» » 0,5 K^2O (chlor. de pot.)	37,46	41,90	79,36	3,99	89,4
» » 1,0 K^2O (chlor. de pot.)	45,64	51,28	96,92	3,98	89,0
» » 0,5 K^2O (sulfate de K.)	34,25	36,95	71,20	3,84	92,6
» » 1,0 K^2O (sulfate de K.)	35,51	50,30	85,81	3,33	70,5
» » 0,5 K^2O (carb. de pot.)	38,98	42,65	81,63	4,01	91,3
» » 1,0 K^2O (carb. de pot.)	39,94	39,72	79,66	4,20	100,5
1gr Az — 1gr K^2O, sans P^2O^5	35,92	47,29	83,21	3,38	75,9
» » 0,5 P^2O^5 (superph.)	44,90	49,95	94,85	4,34	89,8
» » 1,0 P^2O^5 (superph.)	45,64	51,28	96,92	3,98	89,0
» » 0,5 P^2O^5 (phosp. miné.)	41,86	48,24	90,10	3,72	86,7
» » 1,0 P^2O^5 (phosp. miné.)	43,48	49,48	92,96	3,77	87,8

b) **Variations des récoltes sèches pour 1 gramme d'élément fertilisant par rapport au témoin sans engrais.**

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Variations du grain sec	Variations de la paille sèche	Variations de la récolte totale sèche
	gr.	gr.	gr.
Sans engrais	»	»	»
Azote seul	+ 26,02	+ 31,57	+ 57,59
Azote, potasse	+ 21,99	+ 29,11	+ 51,10
Azote, acide phosphorique	+ 24,52	+ 27,10	+ 51,62
Azote, acide phosphorique, potasse	+ 31,71	+ 33,10	+ 64,81
Potasse seule	+ 1,62	+ 0,58	+ 2,20
Potasse, azote	+ 21,99	+ 29,11	+ 51,10
Potasse, acide phosphorique	+ 1,66	— 0,14	+ 1,52
Potasse, acide phosphorique, azote	+ 31,71	+ 33,10	+ 64,81
Acide phosphorique seul	+ 2,78	— 0,08	+ 2,70
Acide phosphorique, azote	+ 24,52	+ 27,10	+ 51,62
Acide phosphorique, potasse	+ 1,66	— 0,14	+ 1,52
Acide phosphorique, potasse, azote	+ 31,71	+ 33,10	+ 64,81

c) **Variations des récoltes sèches pour 0 gr. 5 et 1 gramme d'élément fertilisant, sous l'influence de divers engrais, en présence d'un excès des autres éléments.**

Nitrate de soude, 0 gr. 5 az	+ 24,86	+ 27,07	+ 51,93
» 1 gr. az	+ 34,35	+ 32,82	+ 67,17
Sulfate d'ammoniaque, 0 gr. 5 az	+ 21,97	+ 19,98	+ 41,95
» 1 gr. az	+ 30,05	+ 33,34	+ 63,39
Tourteaux de colza, 1 gr. az	+ 35,51	+ 36,33	+ 71,84
Superphosphate, 0 gr. 5 P^2O^5	+ 8,98	+ 2,66	+ 11,64
» 1 gr. P^2O^5	+ 9,72	+ 3,99	+ 13,71
Phosphate des Ardennes, 0 gr. 5 P^2O^5	+ 5,94	+ 0,95	+ 6,89
» 1 gr. P^2O^5	+ 7,56	+ 2,19	+ 9,75
Chlorure de potassium, 0 gr. 5 K^2O	— 0,99	— 3,38	— 4,37
» 1 gr. K^2O	+ 7,19	+ 6,00	+ 13,19
Sulfate de potasse, 0 gr. 5 K^2O	— 4,20	— 8,33	— 12,53
» 1 gr. K^2O	— 2,94	+ 5,12	+ 2,18
Carbonate de potasse, 0 gr. 5 K^2O	+ 0,53	— 2,63	— 2,10
» 1 gr. K^2O	+ 1,49	— 5,56	— 4,07

L'examen de ces tableaux nous fournit un certain nombre de faits intéressants.

On voit d'abord que l'azote seul, à la dose de 1 gr. sous forme de sulfate d'ammoniaque, dans cette terre, a presque

triplé la récolte de grain et de paille, tandis que la potasse seule et l'acide phosphorique seul n'ont pas eu d'action bien sensible.

L'addition à l'azote, soit de 1 gr. de potasse, soit de 1 gr. d'acide phosphorique, séparément, n'a eu aucune action favorable : les résultats sont mêmes inférieurs au témoin à azote seul. Mais en présence d'un excès de ces deux éléments réunis, l'action de l'azote a été notablement plus marquée, surtout sur la récolte de grain.

La potasse seule n'a pas eu d'action nette ; elle semble cependant avoir augmenté un peu la récolte de grain; l'adjonction de l'acide phosphorique à la potasse n'a eu également aucun résultat, mais l'adjonction d'azote a fait monter considérablement la récolte. Comme pour l'azote, les meilleurs résultats pour la potasse ont été obtenus en présence d'un excès des deux autres éléments réunis.

L'acide phosphorique seul a légèrement favorisé la récolte de grain, l'adjonction de la potasse n'a rien changé au résultat ; comme dans l'expérience précédente, l'adjonction de l'azote a augmenté fortement le rendement, et l'action de l'acide phosphorique est maxima en présence d'un excès d'azote et de potasse.

Il est à remarquer que tous les chiffres que nous donnons ici sont notablement supérieurs à ceux des expériences qui précèdent. Ce fait tient à l'ensemencement beaucoup plus copieux de ces pots, qui ont reçu 30 grains de semence au lieu de 13.

On voit en outre que d'une façon générale, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse ont augmenté la grosseur du grain. Le poids de 100 grains, dans les pots qui ont reçu les trois éléments, est toujours supérieur à celui des pots qui n'en ont reçu que deux. De même, en général, l'azote et surtout la potasse et l'acide phosphorique favorisent davantage la production du grain que celle de la paille, et la proportion de grain pour 100 de paille augmente avec ces engrais. Nous arrivons donc ici aux mêmes conclusions que précédemment.

Si nous comparons maintenant l'action des divers engrais, nous voyons que le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque agissent à peu près de la même manière ; mais le nitrate paraît donner une augmentation de rendement toujours un peu plus forte. Nous retrouvons au sujet de l'action des doses successives d'engrais azotés ce que nous avons observé dans les expériences précédentes : tandis que la première dose de 0 gr5 d'azote fournit en moyenne une augmentation de rendement de 20 gr. de grain, la deuxième dose ne donne plus qu'une augmentation de 10 gr. Il en est de même pour la paille.

L'action du superphosphate est plus accentuée que celle du phosphate des Ardennes, ce qui s'explique parfaitement par leur différence d'assimilabilité.

Enfin, pour ce qui concerne les divers engrais potassiques, il est difficile de tirer des conclusions précises, car la potasse ne produit pas dans cette terre d'effets bien sensibles. Il semble cependant que le chlorure de potassium est plus favorable que le sulfate et surtout le carbonate de potasse, dont l'action a paru plutôt nuisible.

II

Action des éléments fertilisants sur la composition chimique du grain

La question de l'influence des éléments fertilisants sur la composition chimique du grain est une de celles qui intéresse le plus directement le brasseur. Le brasseur demande en effet des orges riches en amidon et pauvres en matières azotées solubles non coagulables. Pour avoir des renseignements sur les relations qui lient la composition chimique du sol et celle du grain, nous avons procédé à l'analyse de tous les échantillons d'orges obtenus en

présence de doses croissa tes d'engrais azotés, phosphatés et potassiques.

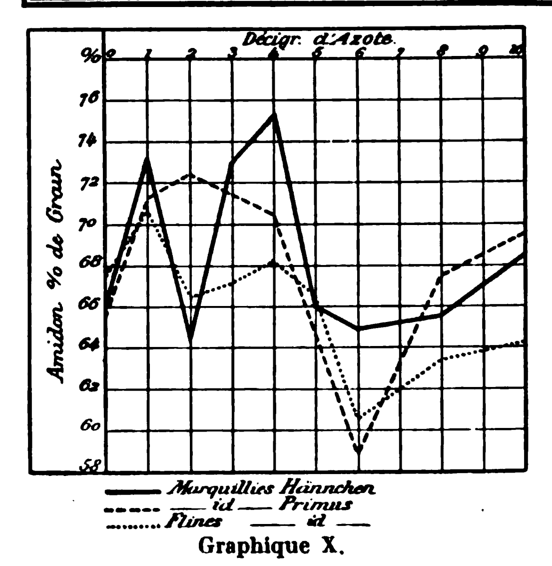
1° Action des éléments fertilisants sur la richesse en amidon

Nous étudierons séparément les doses croissantes de chacun des éléments fertilisants.

Les résultats sont réunis dans les tableaux et graphiques qui suivent.

a) Influence des doses croissantes d'azote sur la richesse du grain en amidon.

Nature de l'expérience	Amidon pour 100 de grain sec			Amidon total produit par la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,»	65,94	65,62	67,52	5,01	4,79	5,87
» 0,1	73,11	71,26	70,65	8,77	7,77	7,91
» 0,2	64,06	72,35	66,49	11,15	10,78	12,23
» 0,3	72,90	»	67,13	15,45	»	14,97
» 0,4	75,25	70,47	68,20	17,53	17,19	16,57
» 0,5	66,01	»	66,49	17,81	»	19,02
» 0,6	64,84	58,85	60,48	19,71	16,48	17,78
» 0,8	65,61	67,44	63,34	20,60	19,89	18,75
» 1,0	68,36	69,38	64,26	23,72	21,85	21,40



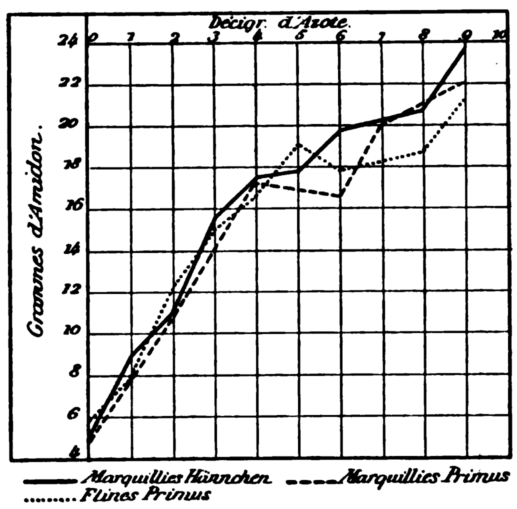
Graphique X.

Les graphiques X et XI (ci-contre et ci-après) résument l'influence de l'azote sur la richesse du grain en amidon et sur l'amidon total produit.

Nous voyons d'abord qu'il n'existe pas entre les deux orges Hannchen et Primus de différences bien

sensibles au point de vue de la richesse en amidon.

Il y a d'assez grandes variations du taux d'amidon sous l'action des doses croissantes d'azote. D'une façon générale, on voit que dans la terre de Marquillies les engrais azotés aux doses faibles ont augmenté la richesse en amidon. Aux doses fortes, l'amidon baisse et redevient à peu près égal à celui du témoin. Dans la terre de Flines, il y a aussi en général une augmentation de la richesse en amidon pour les doses faibles d'azote, mais pour les doses fortes la richesse s'abaisse sensiblement. Donc, en résumé, les doses faibles de sulfate d'ammoniaque paraissent favoriser la richesse en amidon; les doses fortes ont une tendance à la faire baisser, surtout dans les terres pauvres.

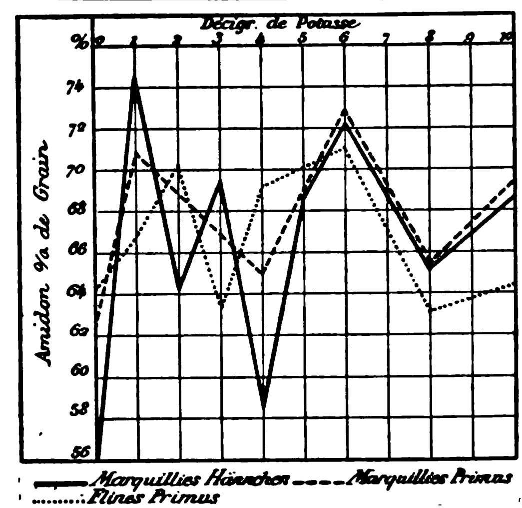


Graphique XI.

L'amidon total produit suit à peu près les variations de la récolte de grain; il croît avec les doses d'azote; mais, comme pour le grain, l'augmentation d'amidon produit est très élevée pour les doses faibles d'azote, et diminue ensuite de plus en plus pour les doses supérieures.

b) **Influence des doses croissantes de potasse sur la richesse du grain en amidon.**

Nature de l'expérience	Amidon pour 100 de grain sec			Amidon total produit par la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,»	55,94	62,15	64,25	16,84	18,64	11,05
» 0,1	74,30	70,86	66,86	23,18	20,48	13,77
» 0,2	64,55	68,74	70,59	20,85	18,35	12,70
» 0,3	69,66	»	63,40	21,04	»	13,31
» 0,4	58,74	64,98	69,16	19,27	19,43	16,39
» 0,5	68,56	»	»	21,66	»	»
» 0,6	72,20	72,75	71,03	22,31	20,22	17,33
» 0,8	65,21	65,54	63,19	20,41	18,48	17,95
» 1,0	68,36	69,38	64,26	23,72	21,85	21,40

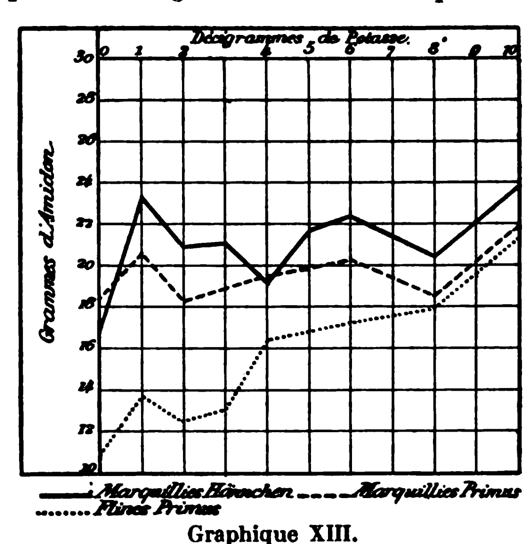


Graphique XII.

Les graphiques XII et XIII (ci-contre et ci-après) résument l'influence de la potasse sur la richesse du grain en amidon et sur l'amidon total produit.

Nous voyons d'une façon générale que le grain produit dans les témoins sans potasse est beaucoup plus pauvre en amidon que celui des pots qui ont reçu de la potasse. Le taux d'amidon présente des variations assez étendues qui ne sont pas proportionnelles aux doses successives de potasse. Il semble donc qu'une faible dose de potasse suffise pour augmenter beaucoup la richesse en amidon et que les doses supérieures soient sans action. Ce

même fait se reproduit pour les deux orges et les deux terres. Dans la terre de Marquillies, la richesse en amidon des deux orges Hannchen et Primus est toujours plus élevée dans tous les pots qui ont reçu de la potasse que dans le témoin sans potasse. Dans la terre de Flines, l'action est un peu moins nette, cependant en général, les essais qui ont reçu de la potasse sont plus riches en amidon que le témoin. On peut en conclure que la potasse favorise la richesse en amidon; cette action favorisante est obtenue déjà avec une faible dose de potasse, et les doses supérieures ne produisent pas plus d'augmentation de richesse que les doses faibles.

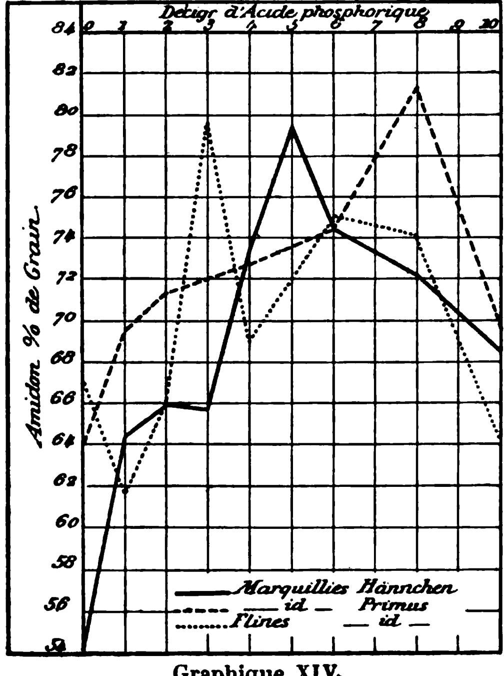


Graphique XIII.

Si nous examinons l'amidon total produit, nous voyons qu'il augmente en présence de la potasse pour les deux orges et dans les deux terres. L'augmentation est très nette avec l'orge Hannchen, mais elle est assez faible avec l'orge Primus. Dans la terre de Flines, elle est caractéristique : l'emploi de la potasse a doublé la production d'amidon comme elle avait doublé la récolte de grain.

c) **Influence des doses croissantes d'acide phosphorique sur la richesse du grain en amidon.**

Nature de l'expérience	Amidon pour 100 de grain sec			Amidon total produit par la récolte		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,»	54,18	64,10	67,37	17,66	17,95	10,10
» 0,1	64,31	69,30	61,78	18,20	18,57	13,22
» 0,2	66,09	71,21	65,92	21,88	19,73	15,93
» 0,3	65,76	»	79,38	18,02	»	19,29
» 0,4	73,25	72,59	68,99	22,49	20,69	18,14
» 0,5	79,04	»	»	25,21	»	»
» 0,6	74,36	74,27	74,88	21,12	22,58	20,59
» 0,8	72,17	81,07	74,11	20,21	25,13	23,27
» 1,0	68,36	69,38	64,26	23,72	21,85	21,40

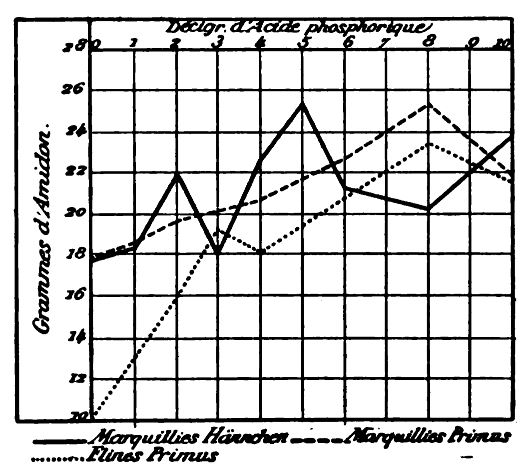


Graphique XIV.

Les graphiques XIV et XV résument l'influence de l'acide phosphorique sur la richesse du grain en amidon et sur l'amidon total produit.

L'action générale de l'acide phosphorique sur l'amidon est très nette ; il favorise beaucoup la richesse en amidon. Nous voyons qu'avec l'orge Hannchen la croissance de la teneur en amidon est à peu près con-

tinue jusqu'à la dose de 0gr5 d'acide phosphorique, où elle atteint un maximum de 79 0/0; elle diminue ensuite nettement, tout en restant toujours fortement supérieure au témoin. Le même phénomène se manifeste avec l'orge Primus dans la même terre : croissance rapide de la teneur en amidon à mesure qu'on fait croître l'acide phosphorique, puis décroissance pour les fortes doses d'engrais phosphaté. Dans la terre de Flines, à part quelques irrégularités dans les pots à la dose de 0gr1 et 0gr2 d'acide phosphorique, l'action est encore du même sens ; l'acide phosphorique a en général augmenté la richesse en amidon.



Graphique XV.

On peut donc conclure de ce qui précède que l'acide phosphorique favorise nettement la richesse du grain en amidon à toutes les doses; l'action paraît croître jusqu'à un maximum pour les doses de 0gr5 à 0gr6 d'acide phosphorique, et décroître ensuite.

Sous le rapport de l'amidon total produit, nous voyons que dans la terre de Marquillies tous les pots qui ont reçu de l'acide phosphorique ont produit plus d'amidon que les témoins. Les augmentations d'amidon produit sont à peu près du même sens que celles de la teneur en amidon, dans la terre de Marquillies; elles croissent d'abord jusqu'à la dose de 0gr5-0gr6 et décroissent ensuite. Dans la terre de Flines, l'augmentation d'amidon a suivi l'augmentation de récolte du grain sous l'action de l'acide phosphorique et la production d'amidon se trouve doublée pour la dose de 1 gr. d'acide phosphorique.

2° Influence de divers engrais sur la richesse du grain en amidon

Les expériences qui suivent se rapportent, comme celles de la page 412 à l'année 1903, et ont été effectuées en terre de Marquillies sur l'orge Chevalier. Le tableau suivant indique l'influence de divers engrais sur la richesse du grain en amidon.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Amidon pour 100 de grain sec	Amidon total produit par la récolte
		gr.
Sans engrais	74,55	10,388
Sulfate d'ammoniaque, 1 gr. d'azote seul	69,84	27,905
Chlorure de potassium, 1 gr. K^2O seul	73,60	11,446
Superphosphate, 1 gr. P^2O^5 seul	75,51	12,621
Chlor. de pot., 1 gr. K^2O; Sup., 1 gr. P^2O^5, pas d'az.	75,63	11,791
» » Nit. de sod., 0 gr. 5 az.	74,63	30,184
» » » 1 gr. az.	74,47	37,193
» » Sulf. d'am. 0 gr. 5 az.	78,26	29,681
» » » 1 gr. az.	74,65	34,070
» » Tourt. de colz., 1 gr. az.	69,84	35,692
Sulf. d'am., 1 gr. az.; Superp., 1 gr. P^2O^5; pas de K^2O	67,03	25,774
» » chl. de pot., 0 gr. 5 K^2O	73,28	27,449
» » » 1 gr. K^2O.	74,65	34,070
» » Sulf. de pot., 0 gr. 5 K^2O	77,54	26,556
» » » 1 gr. K^2O.	73,44	26,086
» » Carb. de pot., 0 gr. 5 K^2O	76,26	29,721
» » » 1 gr. K^2O.	74,62	29,801
Sulf. d'am., 1 gr. az.; Chl. de pot., 1 gr. K^2O; pas de P^2O^5	71,82	25,798
» » Superp., 0 gr. 5 P^2O^5.	76,23	34,228
» » » 1 gr. P^2O^5	74,65	34,070
» » Phosp. des Ard. 0 g. 5 P^2O^5	75,47	31,593
» » » 1 gr P^2O^5.	71,31	31,011

L'azote, à forte dose, soit seul, soit en présence de potasse ou d'acide phosphorique, pris séparément, a fait baisser la teneur du grain en amidon. En présence de l'acide phosphorique et de la potasse réunis, nous retrouvons, notamment pour le sulfate d'ammoniaque, une augmentation de la richesse en amidon pour les doses moyennes d'azote, et une légère baisse sur le témoin pour les fortes doses.

Comme dans les expériences qui précèdent, on voit que l'acide phosphorique soit seul, soit en présence de potasse, fait monter la richesse en amidon. En présence des deux éléments potasse et azote réunis, on constate encore l'augmentation très nette du taux d'amidon quand on ajoute de l'acide phosphorique.

La potasse seule ne paraît pas avoir d'action sur l'amidon, mais en présence d'azote et d'acide phosphorique, elle favorise nettement la richesse en amidon. On voit en effet que tous les essais qui ont reçu de la potasse en présence des deux autres éléments sont notablement plus riches en amidon que les témoins qui n'ont reçu que de l'azote et de l'acide phosphorique, sans potasse.

Si nous comparons maintenant les divers engrais entre eux, nous voyons que le sulfate d'ammoniaque paraît agir plus favorablement que le nitrate de soude sur la richesse en amidon. Pour le nitrate de soude, la baisse du taux d'amidon se manifeste déjà pour la dose de 0gr5 d'azote, tandis que pour le sulfate d'ammoniaque, elle n'est bien sensible qu'à la dose de 1 gr. Parmi les engrais potassiques, le sulfate de potasse à dose moyenne paraît venir en tête pour l'action sur la richesse en amidon, puis viennent le carbonate de potasse et enfin le chlorure de potassium. Mais il ne faut pas perdre de vue que sous le rapport de l'augmentation de rendements en grain, les engrais sont rangés en ordre inverse, chlorure, sulfate et carbonate de potassium. Il y a donc là deux actions contraires dont il importe de tenir compte et qui peut expliquer ce classement inverse pour l'amidon. Pour les engrais phosphatés, le superphosphate a une action plus accentuée que le phosphate des Ardennes.

La quantité totale d'amidon produit dépend à la fois de l'action des engrais sur le rendement en grain et sur la richesse en amidon. Cette quantité est maxima avec le nitrate de soude à cause de la forte augmentation de grain que détermine cet engrais, puis viennent le tourteau de colza et le sulfate d'ammoniaque. Avec les engrais potassiques, on

retrouve en tête le chlorure de potassium, car il favorise la production de grain plus que les autres ; puis viennent le carbonate de potasse et enfin le sulfate. Pour l'acide phosphorique, la quantité d'amidon produit est beaucoup plus élevée avec le superphosphate qu'avec le phosphate minéral.

3° Action des éléments fertilisants sur la richesse en azote du grain

Nous avons d'abord déterminé pour tous les essais la richesse en azote total, et nous avons calculé la matière azotée du grain en multipliant le chiffre d'azote trouvé par le facteur 6,25. Les tableaux suivants résument les résultats obtenus.

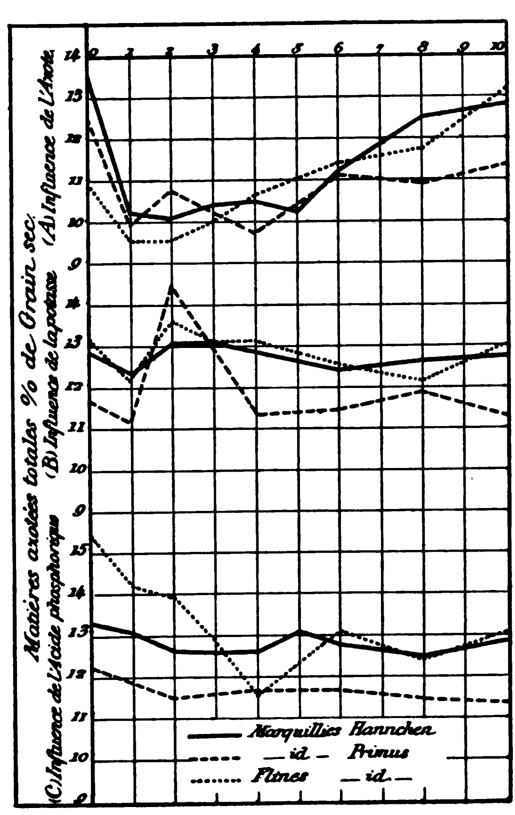
a) Influence de l'azote sur la richesse du grain en azote total.

Nature de l'expérience	Azote total pour 1.000 de grain sec			Matières azotées totales pour 100 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,»	21,44	20,28	17,52	13,40	12,67	10,95
» 0,1	16,36	15,82	15,24	10,22	9,89	9,52
» 0,2	16,10	17,23	15,28	10,06	10,77	9,55
» 0,3	16,67	»	15,98	10,42	»	9,99
» 0,4	16,84	15,51	17,05	10,52	9,69	10,66
» 0,5	16,53	»	17,57	10,33	»	10,98
» 0,6	17,99	17,84	18,27	11,24	11,15	11,42
» 0,8	19,95	17,50	18,76	12,47	10,94	11,72
» 1,0	20,46	18,16	20,87	12,79	11,35	13,04

La graphique XVI (A) résume cette action de l'azote sur la richesse en azote du grain.

Dans la terre de Marquillies et pour les deux orges, l'addition de sulfate d'ammoniaque a fait baisser la teneur en azote

total du grain, et l'a rendue normale. Cet abaissement est très sensible pour les petites doses d'azote et pour les doses moyennes, jusqu'à 0gr5 d'azote. Pour les doses plus fortes, la richesse du grain en azote total s'élève et se rapproche de celle du témoin pour la dose de 1 gr. d'azote, qu'elle peut même dépasser notablement, comme nous l'avons constaté dans d'autres expériences et comme on peut le voir dans l'expérience actuelle avec la terre de Flines. Ce fait s'explique aisément. On a vu plus haut que les premières doses d'azote sont celles qui produisent le plus fort accroissement de récolte de grain. Dans ces expériences qui ont reçu de faibles doses d'azote, la quantité d'azote absorbée par le grain est évidemment plus considérable que dans le témoin, puisque la récolte de grain est plus abondante ; mais l'augmentation de récolte en grain est plus forte que l'augmentation d'azote absorbé, de sorte que la teneur pour cent du grain en azote baisse. Pour les doses fortes, l'augmentation de rendement en grain ne compense plus l'augmentation d'azote assimilé, et le taux d'azote du grain se relève.



Graphique XVI.

Dans la terre de Flines, avec l'orge Primus, nous remarquons une action analogue. Mais cette terre pauvre en azote produit, sans addition d'engrais, une orge moins riche en azote que les témoins de Marquillies et acceptable en brasserie. Comme dans la terre précédente, l'addition d'engrais azoté fait nettement baisser le taux d'azote du grain jusqu'à la dose de 0gr5 d'Az. ; puis la richesse en azote augmente et dépasse celle du témoin pour les fortes doses d'azote.

Il semble donc qu'on peut conclure de ce qui précède que dans les terres où le sulfate d'ammoniaque produit une augmentation sensible de rendement, les doses faibles de cet engrais font baisser la teneur de l'orge en matières azotées au lieu de la faire monter, comme on pourrait le croire. Les doses fortes paraissent nuisibles et relèvent la richesse en azote.

Enfin, d'une façon générale, l'orge Primus est plus pauvre en matières azotées que l'orge Hannchen.

b) Influence de la potasse sur la richesse du grain en azote total.

Nature de l'expérience	Azote total pour 1.000 de grain sec			Matières azotées totales pour 100 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIE		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,»	20,69	18,68	21,08	12,93	11,67	13,17
» 0,1	19,89	17,98	19,73	12,43	11,24	12,33
» 0,2	20,79	23,21	21,93	12,99	14,51	13,71
» 0,3	21,01	»	20,94	13,13	»	13,09
» 0,4	20,57	18,16	21,15	12,86	11,35	13,22
» 0,5	20,31	»	»	12,69	»	»
» 0,6	19,99	18,41	20,14	12,49	11,51	12,59
» 0,8	20,36	19,05	19,46	12,72	11,91	12,16
» 1,0	20,46	18,16	20,87	12,79	11,35	13,04

Le graphique XVI (B) résume les variations de l'azote total du grain sous l'influence de la potasse.

Il est facile de voir que la potasse n'a eu aucune action bien nette sur la teneur en azote total du grain. A part quelques légères irrégularités, les chiffres sont à peu près constants partout. L'action est certainement nulle dans la terre de Marquillies. Dans la terre de Flines, où la potasse a produit une augmentation sensible du rendement en grain, on voit que la majorité des essais a donné un grain un peu moins riche en matières azotées que le témoin, mais les différences sont toujours assez faibles.

c) Influence de l'acide phosphorique sur la richesse des grains en azote total.

Nature de l'expérience	Azote total pour 1.000 de grain sec			Matières azotées totales pour 100 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,»	21,28	19,65	24,87	13,30	12,28	15,54
» 0,1	20,96	19,02	22,70	13,10	11,89	14,19
» 0,2	20,36	18,47	22,32	12,72	11,54	13,95
» 0,3	20,23	»	20,69	12,64	»	12,93
» 0,4	20,12	18,70	18,65	12,57	11,69	11,66
» 0,5	20,91	»	»	13,07	»	»
» 0,6	20,48	18,77	20,89	12,80	11,73	13,06
» 0,8	19,99	18,36	19,81	12,49	11,47	12,38
» 1,0	20,46	18,16	20,87	12,79	11,35	13,04

Le graphique XVI (C) résume les variations des matières azotées totales sous l'influence de l'acide phosphorique. Nous voyons qu'en l'absence d'acide phosphorique les orges sont beaucoup plus riches en azote que quand cet élément est abondant : le fait est particulièrement net pour la terre de Flines, très pauvre en acide phosphorique, où la présence de fortes doses d'azote et de potasse, sans acide phosphorique, a déterminé une richesse très élevée du grain en matières azotées (15,5 o/o). Quand on ajoute de l'acide phosphorique, on voit la teneur en azote total diminuer

progressivement au fur et à mesure que les doses d'acide phosphorique augmentent. L'acide phosphorique abaisse donc, dans les terres riches en azote et en potasse, la teneur du grain en matières azotées.

4° Influence de divers engrais sur la teneur en azote total du grain

Les expériences qui suivent se rattachent toujours à la série de 1903, effectuée en terre de Marquillies sur l'orge Chevalier. Le tableau suivant indique les résultats obtenus avec divers engrais au point de vue de la teneur du grain en matières azotées totales.

NATURE DE L'EXPÉRIENCE	Azote total pour 1.000 de grain sec	Matières azotées totales pour 100 de grain sec
Sans engrais	16,00	10,00
Sulfate d'ammoniaque, 1 gr. d'azote	19,09	11,93
Chlorure de potassium, 1 gr. K^2O	15,07	9,42
Superphosphate, 1 gr. P^2O^5	13,85	8,66
Chlor. de pot., 1 gr. K^2O; Sup., 1 gr. P^2O^5, pas d'az..	14,24	8,90
» » Nit. de sod., 0 gr. 5 az.	13,84	8,65
» » » 1 gr. az..	17,42	10,89
» » Sulf. d'am., 0 gr. 5 az.	13,31	8,32
» » » 1 gr. az..	18,00	11,25
» » Tourt. de colz., 1 gr. az.	13,13	8,21
Sulf. d'am., 1 gr. az; Sup., 1 gr. P^2O^5; pas de K^2O.....	19,80	12,37
» » chlor. de pot., 0 gr. 5 K^2O.	15,36	9,60
» » » 1 gr. K^2O..	18,00	11,25
» » Sulf. de pot., 0 gr. 5 K^2O..	15,29	9,56
» » » 1 gr. K^2O...	20,04	12,52
» » Carb. de pot., 0 gr. 5 K^2O..	14,16	8,85
» » » 1 gr. K^2O...	14.16	8,85
Sulf. d'am., 1 gr. az.; Chlor. de pot., 1 gr. K^2O; pas de P^2O^5	19,51	12,19
» » Superp., 0 gr. 5 P^2O^5..	18.13	11,33
» » » 1 gr. P^2O^5...	18,00	11,25
» » Phosp. des Ard. 0 g. 5 P^2O^5	18,89	11,81
» » » 1 gr. P^2O^5	17,55	10,97

L'action générale des divers éléments fertilisants est ici du même sens que dans les expériences précédentes. Nous

voyons que l'azote seul à forte dose a augmenté notablement la richesse du grain en azote ; il en est de même en présence d'acide phosphorique ou en présence de potasse. En présence des deux éléments acide phosphorique et potasse réunis, on retrouve pour l'azote l'action signalée plus haut ; baisse dans la richesse en matières azotées pour les faibles doses d'azote, et augmentation de la richesse pour les fortes doses.

La potasse seule, l'acide phosphorique seul, ou ces deux éléments réunis font baisser la teneur du grain en matières azotées, surtout l'acide phosphorique. La potasse en présence des deux autres éléments fertilisants paraît abaisser la richesse du grain en matières azotées, au moins pour les doses faibles. Il en est de même pour l'acide phosphorique en présence d'azote et de potasse. Ce dernier résultat est identique à celui qui découle des expériences précédentes.

Les divers engrais azotés paraissent agir à peu près de la même manière : on peut cependant constater que le tourteau de colza, qui a fortement augmenté le rendement en grain, a fourni un grain très pauvre en matières azotées. Pour les engrais potassiques, c'est le carbonate de potasse qui paraît abaisser le plus les matières azotées, le chlorure de potassium et le sulfate de potasse paraissent équivalents. Enfin, pour l'acide phosphorique, les deux formes de superphosphate et de phosphate des Ardennes semblent agir à peu près de la même manière sur les matières azotées.

5° Influence des éléments fertilisants sur les diverses formes des matières azotées du grain.

Nous avons en outre déterminé, pour un certain nombre d'essais, la richesse des orges en azote soluble, coagulable et non coagulable. On sait en effet aujourd'hui, par les travaux de Kukla, que l'azote total ne permet pas de juger, sous le rapport de l'azote, une orge au point de vue de la brasserie. La forme d'azote qui est particulièrement dangereuse pour le brasseur, quand elle est en excès, est la forme soluble non coagulable, qui passe en solution dans le moût, n'est pas précipitée par la cuisson et reste par suite en grande partie

dans la bière. Or Kukla a montré que certaines orges, riches en matières azotées totales, qui auraient été considérées comme mauvaises par la brasserie sous ce rapport, sont parfois très supérieures à d'autres orges pauvres en matières azotées totales, par ce fait que certaines orges riches en azote total peuvent être très pauvres sous le rapport de l'azote soluble non coagulable, tandis qu'inversement, certaines orges pauvres en azote total peuvent être très riches sous le rapport de l'azote soluble non coagulable. Il importe donc de distinguer dans les analyses les diverses sortes de matières azotées. Nous n'avons malheusement pas pu, à cause de la faiblesse de la récolte en grains dans les témoins sans azote, doser ces diverses formes dans les pots qui ont reçu o et $0^{gr}1$ d'azote et nous avons été forcés de prendre comme point de départ pour l'azote le taux de $0^{gr}2$. Les analyses ainsi faites fournissent cependant quelques indications. Ces expériences seront d'ailleurs complétées par d'autres essais en cours.

a) **Influence des doses croissantes d'azote sur les diverses formes de matières azotées du grain.**

Doses d' azote en gr.	Azote total en az. pour 1.000 de grain sec			Azote insoluble en az. pour 1.000 de grain sec			Azote soluble en az. pour 1.000 de grain sec			Azote soluble coagulable en az. pour 1.000 de grain sec			Azote soluble non coagulable en az. pour 1.000 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,2	16,10	17,23	15,28	12,99	14,78	12,66	3,11	2,45	2,62	0,79	0,28	0,51	2,32	2,17	2,11
» 0,4	16,84	15,51	17,05	13,81	12,77	14,38	3,03	2,74	2,72	0,75	0,60	0,52	2,28	2,14	2,20
» 0,6	17,99	17,84	18,27	14,99	15,30	15,80	3,00	2,54	2,47	0,55	0,49	0,45	2,45	2,05	2,02
» 0,8	19,45	17,50	18,76	16,31	14,90	16,08	3,14	2,60	2,68	0,59	0,42	0,42	2,55	2,18	2,26
» 1,0	20,46	18,16	20,87	17,20	15,50	18,16	3,26	2,66	2,71	0,51	0,48	0,49	2,75	2,18	2,22

Doses d' azote en gr.	Azote insoluble pour 100 d'azote total			Azote soluble pour 100 d'azote total			Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total			Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total			Azote soluble coagulable pour 100 d'azote soluble			Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,2	80,68	85,76	82,88	19,32	14,24	17,12	4,90	1,62	3,33	14,42	12,62	13,79	25,40	11,43	19,47	74,60	88,57	80,53
» 0,4	81,97	83,32	84,05	18,03	16,68	15,95	4,45	3,86	3,04	13,58	12,82	12,91	24,75	21,90	19,11	75,25	78,10	80,89
» 0,6	83,33	85,73	86,50	16,67	14,27	13,50	3,05	2,74	2,46	13,62	11,53	11,04	18,33	19,29	18,22	81,67	80,71	81,78
» 0,8	84,30	85,14	85,72	15,70	14,86	14,28	3,03	2,40	2,23	12,67	12,46	12,05	18,79	16,15	15,67	81,21	83,85	84,33
» 1,0	84,10	85,35	87,02	15,90	14,65	12,98	2,49	2,64	2,34	13,41	12,01	10,64	15,64	18,04	18,08	84,36	81,96	81,92

Nous voyons, par les tableaux qui précèdent, que la quantité d'azote soluble est à peu près la même partout. Au contraire l'azote insoluble croît nettement sous l'action des doses croissantes d'engrais azotés. Il en résulte que la proportion d'azote soluble pour 100 d'azote total baisse sous l'influence des engrais azotés tandis que la proportion d'azote insoluble augmente. Ce fait est particulièrement net avec l'orge Hannchen dans la terre de Marquillies et avec l'orge Primus dans la terre de Flines. Cette constatation présente un grand intérêt, car elle nous apprend que l'augmentation de la richesse en azote des orges, qui se produit quand on élève fortement les doses d'engrais azotés porte surtout sur l'azote *insoluble*, qui est la forme la moins dangereuse pour le brasseur. Il est cependant possible que ces orges riches en matières azotées insolubles donnent naissance, lors de la germination, à des malts plus riches en matières azotées solubles. Des expériences actuellement en cours nous renseigneront à cet égard.

Si nous examinons maintenant les variations des diverses formes d'azote soluble, c'est-à-dire l'azote coagulable et l'azote non coagulable, nous constatons avec l'orge Hannchen une diminution de l'azote coagulable sous l'influence des doses croissantes d'azote, et une augmentation de l'azote non coagulable. Pour l'orge Primus, aussi bien dans la terre de Marquillies que dans celle de Flines, il n'y a aucune action bien nette et la proportion de ces diverses formes d'azote reste à peu près la même dans tous les essais. L'influence des engrais azotés sous ce rapport paraît donc dépendre surtout de la nature de l'orge.

b) Influence des doses croissantes de potasse sur les diverses formes de matières azotées du grain.

Doses de potasse en gr.	Azote total en az. pour 1.000 de grain sec			Azote insoluble en az. pour 1.000 de grain sec			Azote soluble en az. pour 1.000 de grain sec			Azote soluble coagulable en az. pour 1.000 de grain sec			Azote soluble non coagulable en az. pour 1.000 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	20,69	18,68	21,08	17,43	15,86	18,01	3,26	2,82	3,07	0,52	0,59	0,47	2,74	2,23	2,60
» 0,2	20,79	23,21	21,93	17,18	19,79	18,58	3,61	3,42	3,35	0,66	0,89	0,55	2,95	2,33	2,80
» 0,4	20,57	18,16	21,15	16,88	15,20	17,95	3,69	2,96	3,20	0,54	0,51	0,54	3,15	2,45	2,66
» 0,8	20,36	19,05	19,46	17,03	16,14	16,90	3,33	2,91	2,56	0,56	0,51	0,22	2,77	2,40	2,33
» 1,0	20,46	18,16	20,87	17,20	15,50	18,16	3,26	2,66	2,71	0,51	0,48	0,49	2,75	2,18	2,22

Doses de potas. en gr.	Azote insoluble pour 100 d'azote total			Azote soluble pour 100 d'azote total			Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total			Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total			Azote soluble coagulable pour 100 d'azote soluble			Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	84,25	84,92	84,95	15.75	15,08	15.05	2,51	3,15	2,22	13,24	11,93	12,83	15,95	20,92	15,31	84,05	79,08	84,69
» 0,2	82,64	87,85	81,35	17,36	12,15	18,65	3,17	3,83	3,06	14,19	8,32	15,59	18,28	26,02	16,42	81,72	73,98	83,58
» 0,4	82,09	83,74	84,87	17.91	16,26	15,13	2,62	2,80	2,55	15,29	13,46	12,58	14,63	17,23	16,87	85,37	82,77	83,13
» 0,8	83,68	84,73	86,87	16,32	15,27	13,13	2,75	2,67	1,13	13,57	12,60	12,00	16,82	17,52	8,59	83,18	82,48	91,41
» 1,0	84,10	85,35	87,02	15,90	14,65	12,98	2,49	2,64	2,34	13,41	12,01	10,64	15,64	18.04	18,08	84,36	81,96	81,92

Nous voyons que sous l'action de la potasse, l'azote soluble paraît d'abord augmenter pour diminuer ensuite pour les fortes doses de potasse; l'azote insoluble suit une marche inverse. Comme la proportion d'azote total reste à peu près constante, il en résulte que la proportion d'azote soluble pour 100 d'azote total augmente d'abord pour les faibles doses de potasse, et diminue ensuite. L'azote soluble non coagulable présente en général une variation du même sens. Mais les différences restent toujours assez faibles et on peut dire d'une façon générale que la potasse, qui n'a pas d'action bien nette, comme nous l'avons vu plus haut, sur la teneur du grain en matières azotées, n'en a pas davantage sur les diverses formes d'azote du grain.

c) **Influence des doses croissantes d'acide phosphorique sur les diverses formes de matières azotées du grain.**

Doses d'acide phosphorique en .	Azote total pour 1.000 de grain sec			Azote insoluble pour 1.000 de grain sec			Azote soluble pour 1.000 de grain sec			Azote soluble coagulable pour 1.000 de grain sec			Azote soluble non coagulable pour 1.000 de grain sec		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	21,28	19,63	24,87	17,94	16,68	21,64	3,34	2,97	3,23	0,47	0,52	0,39	2,87	2,45	2,84
» 0,2	20,36	18,47	22,32	16,91	15,68	19,16	3,45	2,79	3,16	0,67	0,47	0,57	2,78	2,32	2,59
» 0,4	20,12	18,70	18,65	16,71	15,90	15,57	3,41	2,80	3,08	0,63	0,53	0,52	2,78	2,27	2,56
» 0,8	19,99	18,36	19,81	16,70	15,81	17,19	3,29	2,55	2.62	0,60	0,61	0,36	2,69	1,94	2,26
» 1,0	20,46	18,16	20,87	17,20	15,50	18,16	3,26	2,66	2,71	0,51	0,48	0,49	2,75	2,18	2,22

Doses d'acide phosphorique en gr.	Azote insoluble pour 100 d'azote total			Azote soluble pour 100 d'azote total			Azote soluble coagulable pour 100 d'azote total			Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote total			Azote soluble coagulable pour 100 d'azote soluble			Azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	84,25	84,89	87,01	15,75	15,11	12,99	2,22	2,65	1,57	13,53	12,46	11,42	14,07	17,51	12,08	85,93	82,49	87,92
» 0,2	83,09	84,92	85,83	16,91	15,08	14,17	3,28	2,54	2,56	13,63	12,54	11,61	19,42	16,84	18,04	80,58	83,16	81,96
» 0,4	83,04	85,03	83,49	16,96	14,97	16,51	3,13	2,83	2,79	13.83	12,14	13,72	18,48	18,93	16,88	81,52	81,07	83,12
» 0,8	83,55	86,10	86.77	16,45	13,90	13,23	3,00	3,33	1,82	13,45	10,57	11,41	18,23	23,92	13,74	81,77	76,08	86,26
» 1,0	84,10	85,35	87,02	15,90	14,65	12,98	2,49	2,64	2,35	13,41	12,01	10.63	15,64	18,04	18,08	84,36	81,96	81,92

Nous voyons, par les tableaux qui précèdent, que l'azote soluble diminue en général sous l'action de l'acide phosphorique ; mais comme l'azote insoluble diminue en même temps, les proportions d'azote soluble et insoluble pour 100 d'azote total varient assez peu et sans aucune règle bien définie. L'azote soluble non coagulable s'abaisse aussi, mais en général plus fortement que l'azote soluble total, de sorte que la proportion d'azote soluble non coagulable pour 100 d'azote soluble diminue. L'acide phosphorique est donc un engrais très favorable à la qualité de l'orge de brasserie : il réduit les matières azotées et cette réduction porte surtout sur les matières azotées solubles non coagulables qui sont les plus nuisibles pour le brasseur, quand elles sont en excès.

Les directions d'études qui précèdent seront complétées, dans le cours de cette année, par des expériences plus nombreuses, sur cette importante question des diverses formes des matières azotées du grain.

III

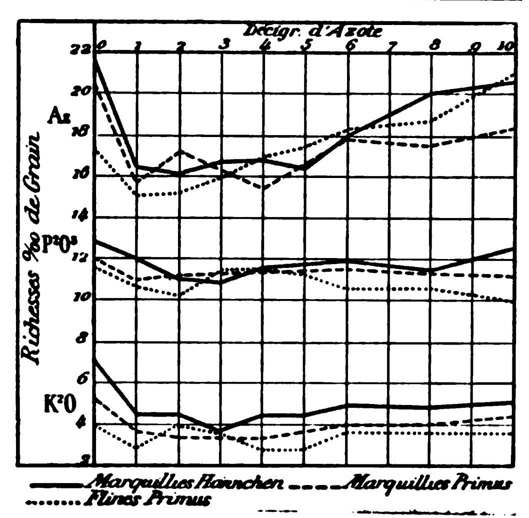
Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par la récolte

Le dosage de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse dans les grains et les pailles nous a permis de calculer les éléments fertilisants exportés en présence de doses croissantes d'engrais, et de connaître ainsi l'action des diverses doses d'éléments fertilisants sur l'exportation de ces éléments par la récolte.

1° Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par le grain

a) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par 1,000 de grain sec.

Doses d'azote gr.	Eléments fertilisants exportés par 1.000 de grain sec								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	21,44	20,28	17,52	7,15	5,25	3,92	12,90	12,01	11,56
» 0,1	16,36	15,82	15,24	4,47	3,69	2,98	11,97	11,05	10,69
» 0,2	16,10	17,23	15,28	4,48	3,46	4,01	11,05	11,18	10,17
» 0,3	16,67	»	15,98	3,70	»	3,62	10,79	»	11,38
» 0,4	16,84	15,51	17,05	4,43	3,36	2,81	11,50	11,29	11,31
» 0 5	16,53	»	17,57	4,04	»	2,80	11,75	»	11,17
» 0,6	17,99	17,84	18,27	4,90	4,07	3,74	11,86	11,31	10,61
» 0,8	19,95	17,50	18,76	4,85	4,05	3,67	11,31	11,21	10,62
» 1,0	20,46	18,16	20,87	5,23	4,37	3,74	12,51	11,10	9,79



Graphique XVII.

Le graphique XVII résume l'influence de l'azote sur les éléments exportés par 1,000 de grain.

Nous avons déjà discuté plus haut l'influence de l'azote sur la richesse en azote du grain, et nous avons vu que les doses faibles de sulfate d'ammoniaque font baisser la teneur de l'orge en matières azotées, tandis que les doses fortes paraissent nuisibles et relèvent la teneur en azote. Pour ce

qui concerne l'acide phosphorique, nous observons une action analogue, mais moins accentuée; avec les doses faibles d'azote, l'exportation d'acide phosphorique pour mille de grain diminue; pour les doses fortes elle se relève un peu, tout en restant toujours inférieure au témoin sans azote. Enfin la potasse subit une variation du même genre : la proportion de potasse exportée pour mille de grain baisse d'abord pour les faibles doses d'azote, puis se relève, en restant toujours inférieure au témoin.

L'azote fait donc baisser, d'une façon générale, l'exportation des éléments fertilisants pour 1000 de grain produit.

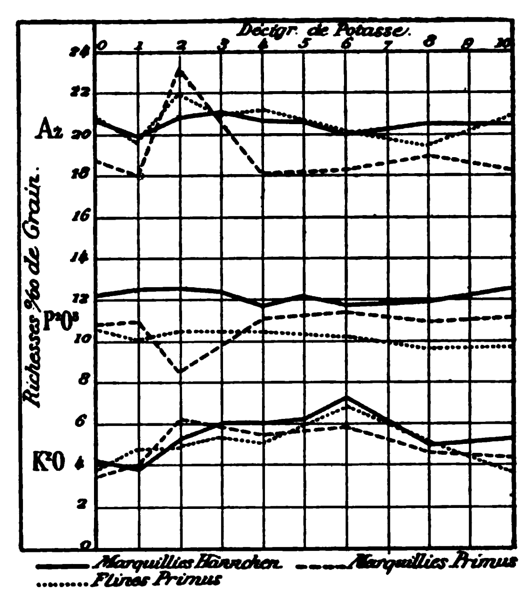
b) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par 1000 de grain.

Doses de potas. gr.	Eléments fertilisants exportés par 1.000 de grain sec								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	20,69	18,68	21,08	4,22	3,34	3,66	12,18	10,97	10,57
» 0,1	19,89	17,98	19,73	3,82	4,04	4,80	12,45	11,19	10,14
» 0,2	20,79	23,21	21,93	5,18	6,23	4,77	12,52	8,46	10,46
» 0,3	21,01	»	20,94	5,95	»	5,28	12,27	»	10,50
» 0,4	20,57	18,16	21,15	5,91	5,44	4,92	11,65	11,08	10,46
» 0,5	20,31	»	»	6,19	»	»	12,12	»	»
» 0,6	19,99	18,41	20,14	7,16	5,89	6,74	11,71	11,16	10,21
» 0,8	20,36	19,05	19,46	4,85	4,67	5,03	11,94	11,01	9,72
» 1,0	20,46	18,16	20,87	5,23	4,37	3,74	12,31	11,10	9,79

Le graphique XVIII résume l'influence de la potasse sur les éléments fertilisants exportés pour 1000 de grain sec.

Nous avons déjà vu plus haut que la potasse n'a aucune action bien nette sur la richesse en azote du grain. Nous voyons par le tableau qui précède et par le graphique XVIII qu'elle n'en a pas non plus sur l'exportation d'acide phosphorique qui est sensiblement la même partout. Quant à l'exportation de potasse, elle augmente d'abord avec les faibles

doses de potasse, ce qui prouve qu'en présence de quantités notables de cet élément, le grain en absorbe davantage ; puis la teneur en potasse du grain baisse pour les fortes doses, surtout pour la terre de Flines, ce qui s'explique par l'augmentation considérable du rendement en grain obtenu dans cette terre avec les fortes doses de potasse.

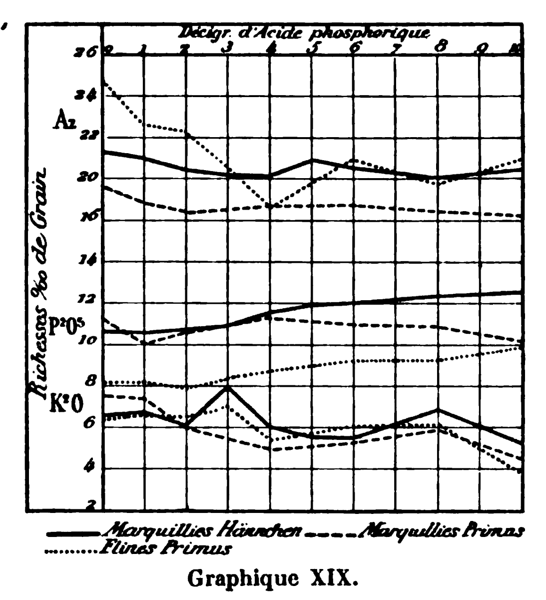


Graphique XVIII.

La potasse est donc sans action, en général, sur l'exportation de l'azote et de l'acide phosphorique par le grain ; elle augmente l'exportation de potasse dans la majorité des cas.

c) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par 1000 de grain sec.

Doses de P^2O^5 gr.	Eléments fertilisants exportés par 1.000 de grain sec								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	21,28	19,65	24,87	6,55	7,38	6,49	10,63	11,13	8,13
» 0,1	20,96	19,02	22,70	6,70	7.21	6,66	10,54	10,05	8.15
» 0,2	20,36	18,47	22,32	6,13	5,96	6,52	10,67	10,53	7,97
» 0,3	20,23	»	20,69	7,95	»	6,97	10,90	»	8,43
» 0,4	20,12	18,70	18,65	6,13	4.93	5,39	11,60	11,30	8,69
» 0,5	20.91	»	»	5,48	»	»	11,86	»	»
» 0,6	20,48	18,77	20,89	5,48	5,32	6,06	11,99	10,92	9,32
» 0,8	19,99	18,36	19,81	6,78	5,84	6,12	12,33	11,77	9,33
» 1,0	20,46	18,16	20,87	5,23	4,37	3,74	12,51	11,10	9,79



Graphique XIX.

Le graphique XIX résume l'influence de l'acide phosphorique sur les éléments exportés par 1,000 de grain.

Nous avons déjà vu plus haut que l'acide phosphorique abaisse nettement la richesse du grain en azote et par suite l'exportation d'azote pour 1,000 de grain produit. L'action sur la potasse est identique. Nous voyons, en effet, que l'exportation de potasse pour 1,000 de grain diminue quand on fait croître les doses d'acide phosphorique. Quant à l'exportation d'acide phosphorique, elle croît légèrement, en général, avec la dose d'acide phosphorique. Les grains exportent donc un peu plus d'acide phosphorique en présence d'engrais phosphatés.

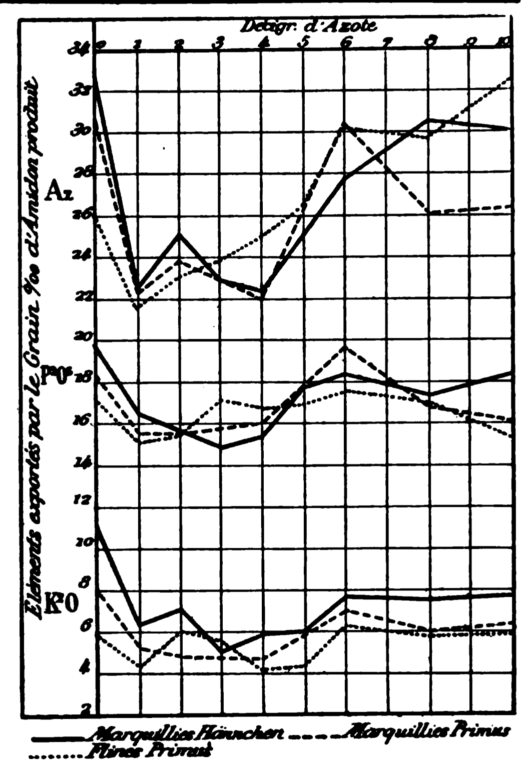
Par conséquent, l'acide phosphorique fait baisser nettement, d'une façon générale, l'exportation d'azote et de potasse par le grain ; il augmente légèrement l'exportation d'acide phosphorique.

d) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Doses d' azote en gr.	Eléments fertilisants exportés par la grain p. 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	32,53	30,91	25,95	10,85	8,00	5,81	19,57	18,30	17,12
» 0,1	22,38	22,19	21,57	6,11	5,17	4 22	16,37	15,50	15,13
» 0,2	25,12	23,81	22,98	6,99	4,78	6,03	15,68	15,45	15,30
» 0,3	22,87	»	23,82	5,08	»	5,39	14,80	»	16,96
» 0,4	22,37	22,00	25,00	5,89	4,76	4,12	15,28	16,00	16,58
» 0,5	25,04	»	26,43	6,12	»	4,21	17,80	»	16,80
» 0,6	27,76	30,32	30,21	7,56	6,94	6,18	18,30	19,55	17,54
» 0,8	30,41	25,96	29,64	7,39	6,01	5,80	17,24	16,64	16,78
» 1,0	29,92	26,15	32,45	7,65	6,30	5,82	18,29	16,00	15,22

Le graphique XX résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments fertilisants exportés par le grain pour mille d'amidon produit.

Nous voyons que les doses croissantes d'azote ont fait baisser nettement, pour toutes les doses supérieures à 0 gr 5, l'exportation des éléments fertilisants pour 1,000 d'amidon produit. Les courbes se relèvent pour les fortes doses d'azote, mais restent en général



Graphique XX.

au-dessous du témoin sans azote. Cette action se manifeste surtout sur l'exportation d'azote, mais aussi, à un degré moindre, sur celle de la potasse et de l'acide phosphorique.

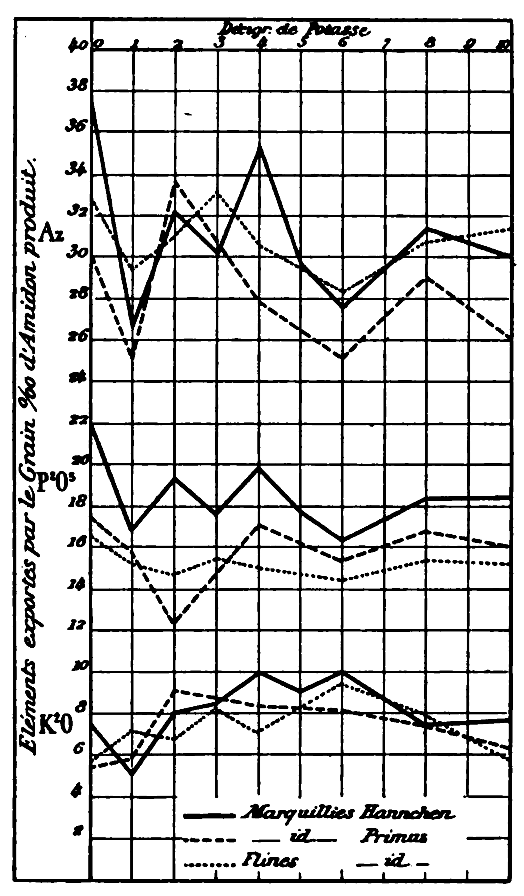
L'azote fait donc baisser la proportion d'éléments fertilisants exportés pour 1,000 d'amidon produit; et le cultivateur a donc intérêt, au moins jusqu'aux doses de 0gr5 à 0gr6 d'azote, à produire de l'amidon, puisque l'exportation des éléments fertilisants y est moindre par kilogramme d'amidon produit.

_e_) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit :

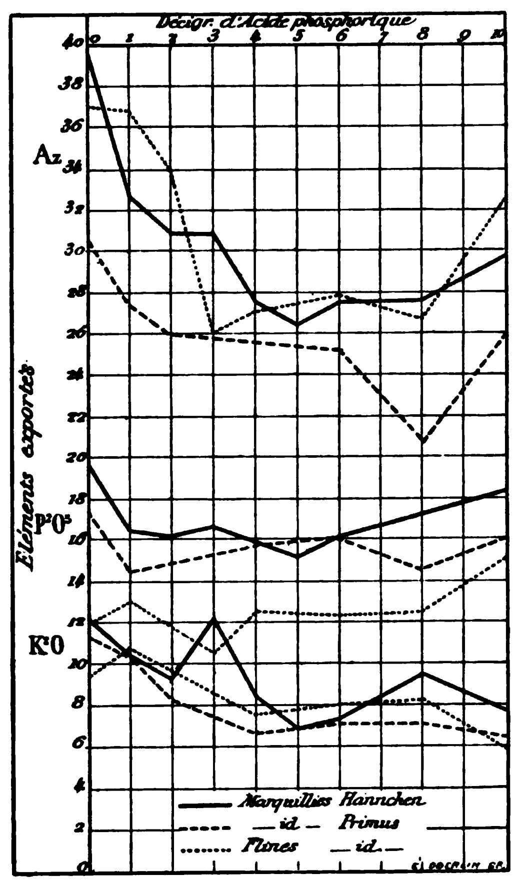
Doses de potasse gr.	Eléments fertilisants exportés par le grain p. 1,000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	37,01	30,05	32,80	7,55	5,37	5,69	21,79	17,65	16,45
» 0,1	26,77	25,36	29,50	5,14	5,70	7,18	16,76	15,78	15,16
» 0,2	32,21	33,77	31,05	8,02	9,07	6,75	19,39	12,32	14,81
» 0,3	30,16	»	33,02	8,54	»	8,33	17,62	»	16,55
» 0,4	35,02	27,92	30,56	10,06	8,37	7,11	19,83	17,04	15,11
» 0,5	29,63	»	»	9,03	»	»	17,68	»	»
» 0,6	27,68	25,31	28,36	9,92	8,10	9,49	16,21	15,34	14,37
» 0,8	31,23	29,09	30,78	7,44	7,44	7,96	18,32	16,81	15,38
» 1,0	29,92	26,15	32,45	7,65	6,30	5,82	18,29	16,00	15,22

Le graphique XXI résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments fertilisants exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Nous constatons que l'exportation d'azote et d'acide phosphorique diminue légèrement sous l'action de la potasse ; ce qui s'explique par l'action favorable de la potasse sur la production d'amidon. Quant à l'exportation de potasse, elle s'élève nettement en présence de doses croissantes de potasse, et ce fait est surtout caractéristique pour les doses moyennes.



Graphique XXI.



Graphique XXII.

f) Action de doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de P^2O^5 gr.	Eléments fertilisants exportés par le grain p. 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	39,26	30,65	36,90	12,08	11,51	9,63	19,61	17,39	12,06
» 0,1	32,59	27,45	36,74	10,42	10,40	10,78	16,39	14,50	13,19
» 0,2	30,80	25,93	33,85	9,27	8,37	9,89	16,14	14,78	12,09
» 0,3	30,72	»	26,06	12,08	»	8,77	16,56	»	10,61
» 0,4	27,46	25,75	27,03	8,37	6,79	7,81	15,83	15,56	12,59
» 0,5	26,45	»	»	6,93	»	»	15,00	»	»
» 0,6	27,55	25,28	27,89	7,37	7,17	8,09	16,13	16,06	12,44
» 0,8	27,71	20,98	26,73	9,40	7,20	8,26	17,09	14,51	12,59
» 1,0	29,92	26,15	32,45	7,65	6,30	5,82	18,29	16,00	15,22

Le graphique XXII résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments fertilisants exportés par le grain pour 1,000 d'amidon produit.

Nous observons pour l'azote une baisse caractéristique : l'exportation d'azote par le grain pour 1,000 d'amidon produit diminue fortement sous l'action de l'acide phosphorique. L'exportation de potasse présente également une variation du même genre, très accusée.

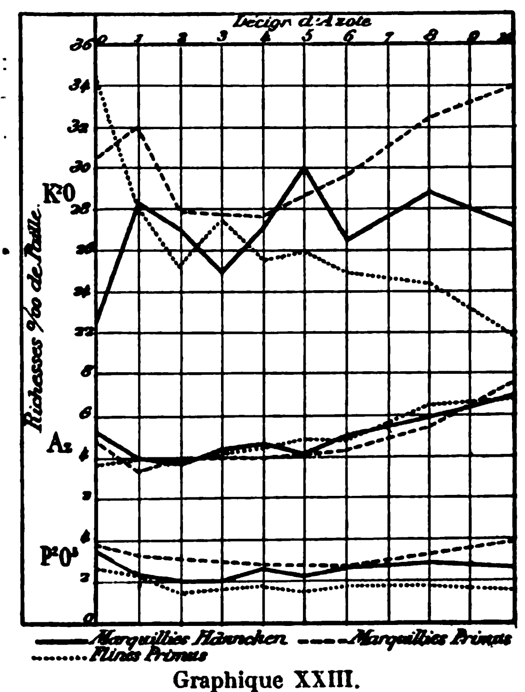
Enfin l'exportation d'acide phosphorique diminue aussi, mais plus faiblement, excepté dans la terre de Flines, très pauvre en acide phosphorique, où elle est restée sensiblement constante.

Remarquons enfin, d'une façon générale, que l'orge Primus est toujours moins exigeante au point de vue des éléments fertilisants, que l'orge Hannchen, pour fournir la même quantié d'amidon ou de grain.

2° Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par les pailles

a) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Doses d' azote gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de paille sèche								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	5,22	4,83	3,71	22,41	30,43	34,77	3,45	3,72	2,59
» 0,1	4,09	3,23	4,03	28,31	32,00	28,21	2,37	3,19	2,31
» 0,2	3,67	3,91	3,81	26,94	27,90	25,17	1,98	3,16	1,44
» 0,3	4,27	»	4,12	24,82	»	27,51	2,03	»	1,56
» 0,4	4,73	3,98	4,42	27,06	27,58	25,37	2,56	2,75	1,67
» 0,5	4,21	»	4,91	30,00	»	25,83	2,20	»	1,40
» 0,6	5,04	4,33	4,96	26,30	29,50	24,86	2,52	2,52	1,67
» 0,8	5,83	5,54	6,46	28,65	32,30	24,16	2,83	3,18	1,68
» 1,0	6.99	7,56	6,84	27,25	34,04	21,62	2,55	3,74	1,44



Graphique XXIII.

Le graphique XXIII résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

L'action de l'azote sur l'exportation de l'azote par la paille est la même que pour le grain; cette exportation diminue d'abord, puis s'élève au-dessus du témoin pour les très fortes doses d'azote. Pour la potasse, nous consta-

tons d'assez grandes irrégularités dans la terre de Marquillies, où l'action de l'azote sur l'exportation de potasse n'est pas nette ; mais dans le terre de Flines, pauvre en azote, les doses croissantes d'azote ont fait baisser très fortement l'exportation de potasse par mille de paille, par suite de l'augmentation considérable du rendement en paille sous l'action de l'engrais azoté. Enfin l'azote n'a que peu d'influence sur l'exportation d'acide phosphorique par les pailles : cette exportation semble cependant diminuer un peu.

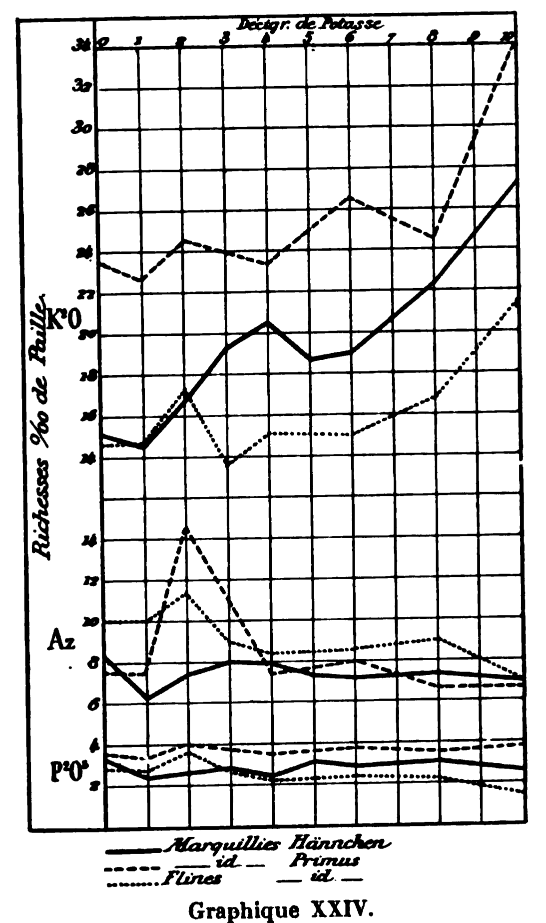
On peut donc dire d'une façon générale que l'action de l'azote sur l'exportation des éléments fertilisants par les pailles est de même nature que sur le grain : l'azote fait baisser l'exportation des éléments.

b) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Doses de potasse gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de paille sèche								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	8,28	7,49	10,02	15,01	23,52	14,65	3.33	3,58	2,89
» 0,1	6,21	7,35	10,09	14,52	22,58	14,60	2,37	3,34	2,80
» 0,2	7,27	1445(?)	11,24	16,64	24,49	17,21	2,66	4,11	3,66
» 0,3	8,05	»	9,09	19,23	»	13,73	2,88	»	2,75
» 0,4	6,88	7,49	8,41	20,43	23,43	15,12	2,50	3,56	2,25
» 0,5	7,26	»	»	18,63	»	»	3,15	»	»
» 0,6	7,16	8,06	8,55	18,96	26,61	15,01	2,83	3,89	2,51
» 0,8	7,31	7,75	8,94	22,35	24,47	16,82	3,11	3,65	2,27
» 1,0	6,99	7,56	6,84	27,25	34,03	21,62	2,55	3,74	1,44

Le graphique XXIV résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Nous voyons que les doses croissantes de potasse ont eu très peu d'influence sur l'exportation d'azote par les pailles (à part une irrégularité dans l'essai Marquillies-Primus à la dose de $0^{gr}2$, irrégularité qui se retrouvera partout et qui a dû



Graphique XXIV.

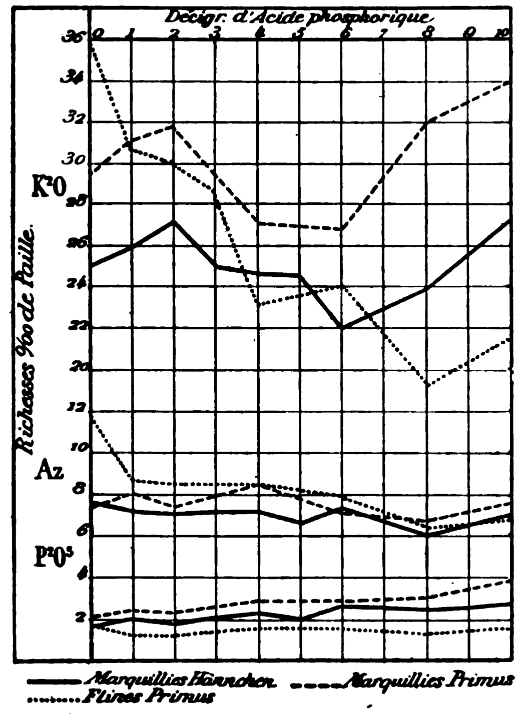
être causée par une erreur dans la pesée des engrais). Cependant cette exportation d'azote tend en général à diminuer légèrement sous l'action de la potasse. L'action sur l'exportation de potasse est tout à fait caractéristique : les pailles se sont enrichies fortement en potasse, et l'exportation de potasse pour 1,000 de paille s'élève fortement quand on fait croître les engrais potassiques. L'action sur l'exportation d'acide phosphorique est du même ordre que sur l'azote : elle est peu sensible ; à peine peut-on conclure à une très légère baisse de l'exportation d'acide phosphorique sous l'action de la potasse.

c) **Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.**

Doses de P^2O^5 gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de paille sèche								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	7,47	7,29	11,80	25,12	29,39	35,87	1,64	2,09	1,67
» 0,1	7,13	8,00	8,65	25,90	31,11	30,63	2,05	2,36	1,17
» 0,2	7,02	7,52	8,52	27,21	31,81	29,90	1,84	2,30	1,17
» 0,3	7,10	»	8,45	24,89	»	28,50	2,12	»	1,33
» 0,4	7,07	8,44	8,43	24,60	27,24	23,22	2,26	2,90	1,55
» 0,5	6,56	»	»	24,46	»	»	2,04	»	»
» 0,6	7,26	7,16	7,84	22,01	26,84	24,14	2,58	2,90	1,52
» 0,8	5,97	6,68	6,30	23,88	31,97	19,34	2,30	3,02	1,13
» 1,0	6,99	7,56	6,84	27,25	34,03	21,62	2,55	3,74	1,44

Le graphique XXV résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés pour 1,000 de paille.

Nous constatons que l'acide phosphorique a peu d'influence sur l'exportation d'azote par les pailles : il y a cependant une tendance à baisser, surtout dans la terre de Flines. Il en est de même pour l'acide phosphorique, dont l'exportation



Graphique XXV.

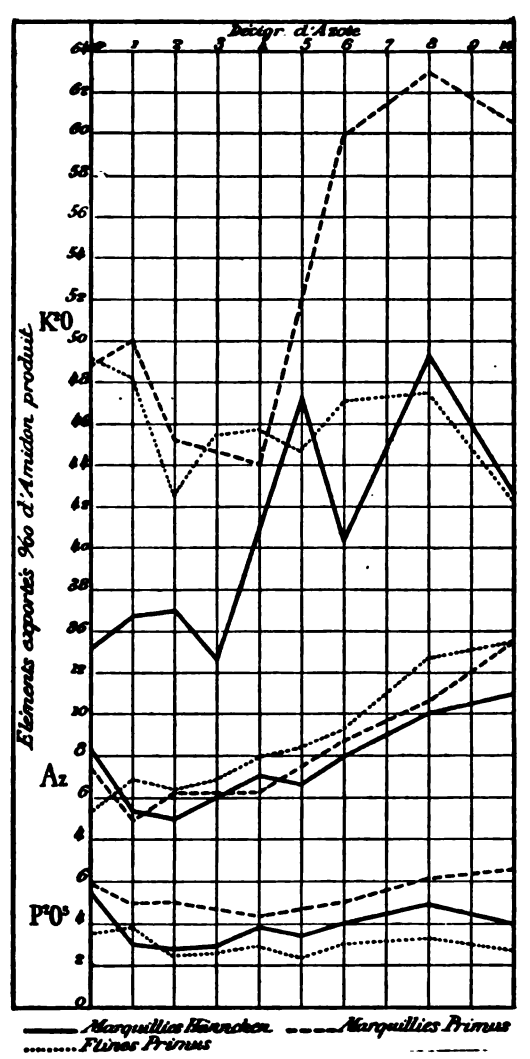
pour 1,000 de paille est à peu près constante. Pour l'exportation de potasse, les résultats sont variables avec les terres : dans la terre de Marquillies, l'action n'est pas nette et les variations paraissent irrégulières, mais dans la terre de Flines, pauvre en acide phosphorique, l'addition d'acide phosphorique a fait baisser fortement l'exportation de la potasse pour 1,000 de paille.

d) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la paille pour 1,000 d'amidon produit.

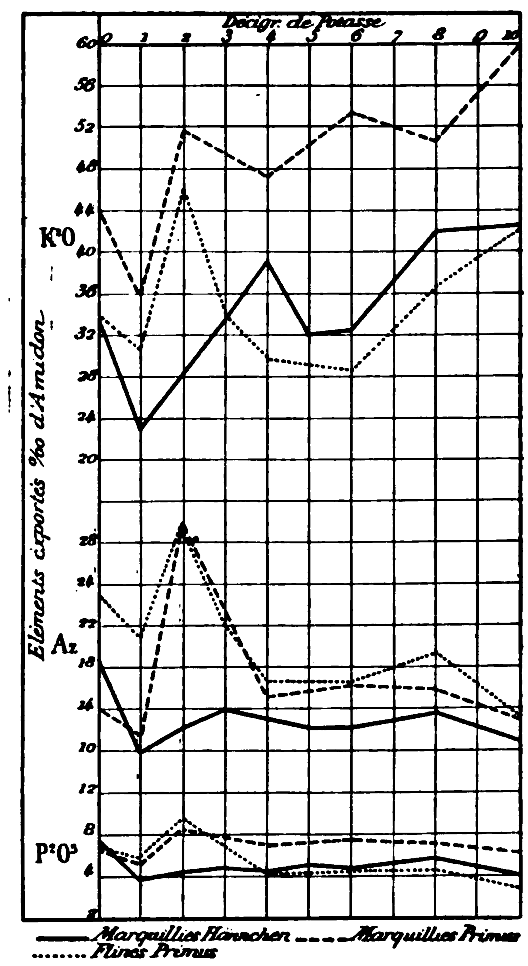
Doses d' azote gr.	Eléments exportés par les pailles pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	8,20	7,73	5,28	35,20	48,65	49,23	5,40	5,85	3,58
» 0,1	5,34	5,02	6,83	36,81	50,06	48,16	3,07	5,02	3,92
» 0,2	5,04	6,30	6,47	37,12	45,10	42,51	2,70	5,09	2,46
» 0,3	5,97	»	6,80	34,67	»	45,46	2,86	»	2,60
» 0,4	7,14	6,34	7,95	40,91	44,07	45,78	3,88	4,39	3,01
» 0,5	6,63	»	8,47	47,25	»	44,73	3,48	»	2,42
» 0,6	7,87	8,79	9,38	41,17	59,76	47,08	3,96	5,09	3,15
» 0,8	10,05	10,75	12,75	49,27	62,76	47,62	4,85	6,18	3,31
» 1,0	10,93	13,36	13,41	42,61	60,28	42,34	4,01	6,64	2,80

Le graphique XXVI résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la paille pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons que l'action des doses croissantes d'azote sur l'exportation d'azote par les pailles pour 1,000 d'amidon produit est en général de même nature que sur l'exportation des grains. L'exportation d'azote dans la terre de Marquillies baisse d'abord nettement, puis remonte, atteint la valeur du témoin pour les doses de 0 gr 5 à 0 gr 6, et s'élève ensuite notablement au-dessus. Dans la terre de Flines, pauvre en azote, la hausse est continuelle, et l'exportation d'azote par les pailles pour 1,000 d'amidon produit est d'autant plus grande que la dose d'azote est plus forte. L'exportation de



Graphique XXVI.



Graphique XXVII.

potasse monte en général dans la terre de Marquillies, sous l'action de l'azote : elle diminue au contraire dans la terre de Flines. Enfin, l'azote ne paraît exercer aucune action sensible sur l'exportation d'acide phosphorique par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

e) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de potasse gr.	Eléments exportés par les pailles pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	18,48	14,03	23,61	33,51	44,14	34,55	7,45	6,72	6,78
» 0,1	10,13	11,76	21,09	23,66	36,10	30,51	3,88	5,32	5,87
» 0,2	12,47	30,35	30,24	28,48	51,49	46,38	4,56	8,61	9,84
» 0,3	14,04	»	22,78	33,56	»	34,44	5,05	»	6,92
» 0,4	13,32	15,51	16,77	39,53	47,26	30,18	4,82	7,16	4,51
» 0,5	12,58	»	»	32,26	»	»	5,44	»	»
» 0,6	12,37	16,24	16,53	32,82	53,56	28,96	4,89	7,82	4,86
» 0,8	13,82	16,16	19,43	42,20	51,02	36,51	5,88	7,62	4,95
» 1,0	10,93	13,36	13,41	42,61	60,28	42,34	4,01	6,64	2,80

Le graphique XXVII résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons qu'en règle générale, sous l'action de la potasse, l'exportation d'azote par les pailles pour 1,000 d'amidon produit baisse (à part l'irrégularité déjà signalée plus haut, pour l'essai Marquillies-Primus à la dose 0gr2, où il a dû se glisser une erreur dans les engrais ajoutés). Au contraire, l'exportation de potasse monte. Enfin l'exportation d'acide phosphorique ne paraît pas influencée par les doses croissantes de potasse.

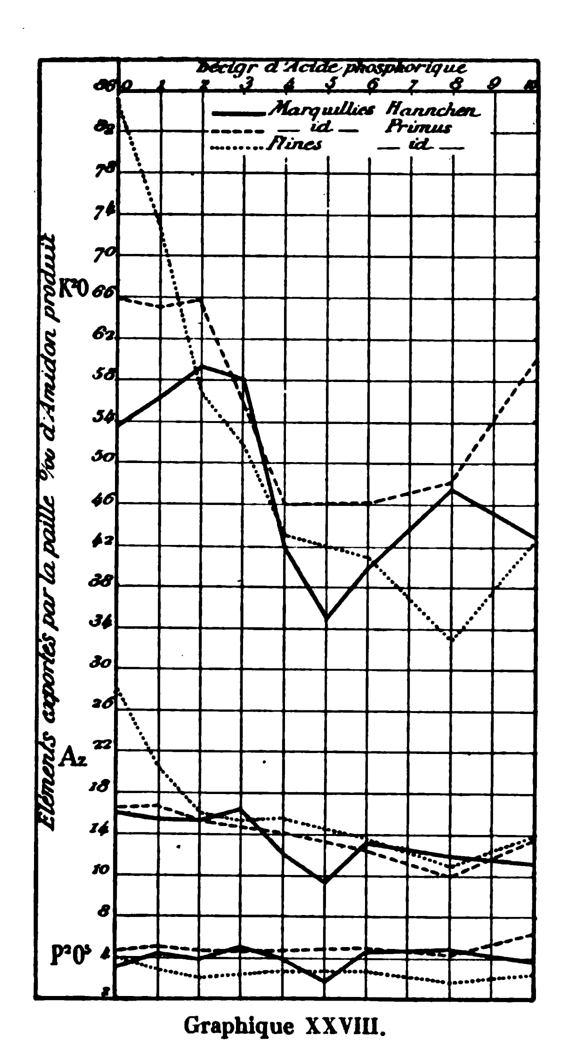
f) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de P^2O^5 gr.	Eléments exportés par les pailles pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	15,87	16,38	28,02	53,32	66,00	85,14	3,50	4,68	3,96
» 0,1	15,44	16,72	20,61	56,15	65,10	73,06	4,45	4,95	2,82
» 0,2	15,25	15,53	16,10	59,05	65,78	56,54	4,01	4,77	2,20
» 0,3	16,50	»	15,23	57,88	»	51,34	4,94	»	2,38
» 0,4	12,09	14,20	15,63	42,08	45,85	43,15	3,87	4,88	2,86
» 0,5	9,36	»	»	34,92	»	»	2,90	»	»
» 0,6	13,17	12,35	13,40	39,90	46,29	41,21	4,69	5,00	2,57
» 0,8	11,88	10,04	10,77	47,47	48,05	33,01	4,55	4,54	1,93
» 1,0	10,93	13,36	13,41	42,61	60,28	42,34	4,01	6,64	2,80

Le graphique XXVIII résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par les pailles pour 1,000 d'amidon produit.

L'action de l'acide phosphorique sur l'exportation des éléments par les pailles pour 1,000 d'amidon produit peut se résumer ainsi, d'après le tableau qui précède et le graphique XXVIII : forte baisse de l'exportation de potasse et d'azote, pas d'action sur l'exportation d'acide phosphorique.

Nous pouvons remarquer d'une façon générale, que l'orge Primus, qui est moins exigeante que l'orge Hannchen pour le production du grain, est au contraire plus exigeante pour produire une même quantité de paille.

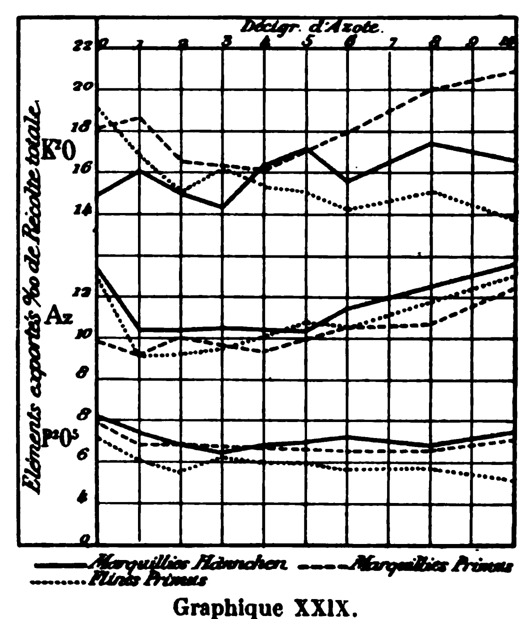


Graphique XXVIII.

3° Action des éléments fertilisants sur les éléments exportés par la récolte totale

a) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés pour 1,000 de récolte totale.

Doses d' azote gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de récolte totale								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	13,25	9,73	12,70	14,93	18,19	19,00	8,12	7,78	7,18
» 0,1	10,38	9,13	9,07	16,15	18,57	16,76	7,31	6,88	6,11
» 0,2	10,27	10,03	9,17	14,98	16,60	15,05	6,79	6,85	5,51
» 0,3	10,42	»	9,74	14,33	»	16,20	6,39	»	6,22
» 0,4	10,36	9,40	10,05	16,44	16,18	15,24	6,75	6,74	5,98
» 0,5	10,27	»	10,78	17,23	»	15,12	6,89	»	5,93
» 0,6	11,47	10,50	10,65	15,69	17,91	14,34	7,16	6,61	5,57
» 0,8	12,48	10,70	11,94	17,47	20,05	15,07	6,81	6,66	5,65
» 1,0	13,51	12,37	13,06	16,60	20,87	13,70	7,37	7,10	5,13



Graphique XXIX.

Le graphique XXIX résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments fertilisants exportés pour 1,000 de récolte totale.

Nous constatons que l'exportation d'azote baisse sous l'action de l'azote, puis remonte. La variation est donc encore ici du sens que nous avons déjà signalé plus

haut. Il en est de même pour la potasse dont l'exportation baisse d'abord, puis remonte, sauf dans la terre de Flines, où par suite de la pauvreté de la terre en azote et de la forte augmentation de récolte totale sous l'action de cet élément, la baisse est à peu près continue. Quant à l'exportation d'acide phosphorique, elle baisse aussi légèrement sous l'action des doses croissantes d'azote.

L'exportation de tous les éléments pour 1,000 de récolte totale diminue donc sous l'action des engrais azotés.

b) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés pour 1,000 de récolte totale.

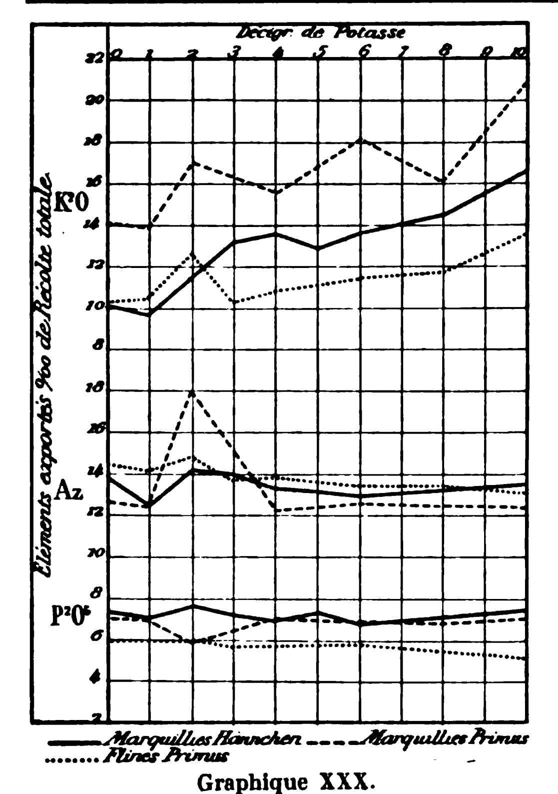
Doses de potasse gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de récolte totale								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	13,80	12,65	14,42	10,19	14,19	10,30	7,28	7,00	5,95
» 0,1	12,39	12,34	14,11	9,68	13,89	10,52	6,93	7,00	5,87
» 0,2	14,12	18,02	14,91	11,53	17,00	12,93	7,56	5,88	5,98
» 0,3	13,89	»	13,66	13,23	»	10,44	7,12	»	5,73
» 0,4	13,28	12,23	13,76	13,65	15,63	10,85	6,77	6,81	5,71
» 0,5	13,16	»	»	12,96	»	»	7,24	»	»
» 0,6	12,86	12,56	13,46	13,71	18,19	11,50	6,78	6,83	5,76
» 0,8	13,17	12,31	13,39	14,52	16,18	11,86	7,08	6,75	5,42
» 1,0	13,51	12,37	13,06	16,60	20,87	13,70	7,37	7,10	5,13

Le graphique XXX résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par 1,000 de récolte.

Nous voyons que l'action générale de la potasse sur l'exportation des éléments fertilisants pour 1,000 de récolte totale est celle-ci : l'exportation d'azote baisse légèrement, ainsi que l'exportation d'acide phosphorique, mais cette baisse est peu accusée. Par contre, l'exportation de potasse croît très nettement : la récolte enlève donc proportionnellement plus de potasse en présence d'engrais potassiques.

c) **Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments fertilisants exportés pour 1,000 de récolte totale.**

Doses de P^2O^5 gr.	Eléments fertilisants exportés pour 1.000 de récolte totale								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	13,87	12,36	16,82	16,33	20,38	24,54	5,81	5,80	4,15
» 0,1	12,88	12,36	14,34	17,86	21,37	20,85	5,59	5,49	4,00
» 0,2	13,13	11,94	14,60	17,53	21,36	19,55	5,89	5,64	4,17
» 0,3	12,28	»	13,49	18,18	»	19,63	5,60	»	4,25
» 0,4	12,86	13,07	12,91	16,40	17,21	15,43	6,40	6,68	4,66
» 0,5	13,30	»	»	15,54	»	»	6,64	»	»
» 0,6	12,88	12,25	13,57	14,96	17,41	16,20	6,58	6,84	4,93
» 0,8	11,73	12,54	12,26	16,84	20,19	13,49	6,41	6,97	4,75
» 1,0	13,51	12,37	13,06	16,60	20,87	13,70	7,37	7,10	5,13

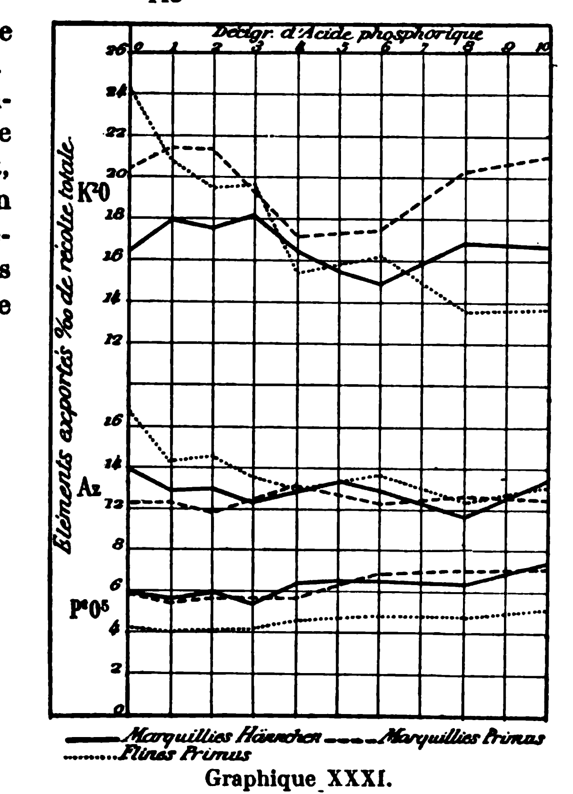


Graphique XXX.

Le graphique XXXI résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés pour 1,000 de récolte totale.

Nous constatons que les doses croissantes d'acide phosphorique font baisser en général très légèrement l'exportation d'azote pour 1,000 de récolte totale, mais cette influence reste toujours très faible. L'exportation de potasse baisse aussi surtout dans la terre de Flines,

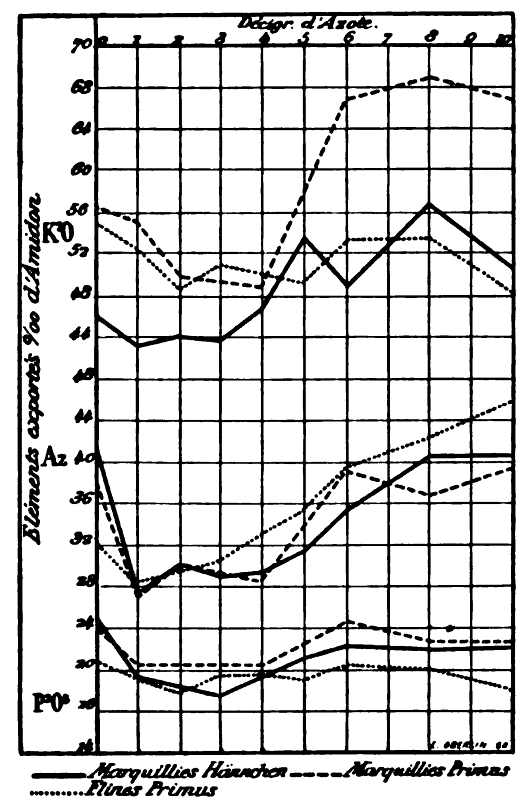
pauvre en acide phosphorique. L'exportation d'acide phosphorique monte légèrement, mais d'une façon régulière, en présence des doses croissantes d'acide phosphorique.



Graphique_XXXI.

d) Action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Doses d' azote gr.	Eléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
Az. 0,0	40,73	38,64	32,24	46,05	56,65	55,04	24,99	24,15	20,70
» 0,1	27,72	27,21	28,40	42,92	55,23	52,38	19,37	20,52	19,05
» 0,2	30,16	30,11	29,45	44,11	49,88	48,54	18,38	20,54	17,76
» 0,3	28,84	»	30,69	39,75	»	50,85	17,66	»	19,56
» 0,4	29,51	28,34	32,95	46,79	48,83	49.90	19,16	20,36	19,59
» 0,5	31,67	»	34,90	53,37	»	48,93	21,28	»	19,22
» 0,6	35,63	39,11	39,59	48,73	66,70	53,26	22,26	24,64	20,69
» 0,8	40,46	36,71	42,39	56,66	68,77	53,42	22,09	22,82	20,09
» 1,0	40,85	39,51	45,86	50,26	66.58	48,16	22,30	22,64	18.02

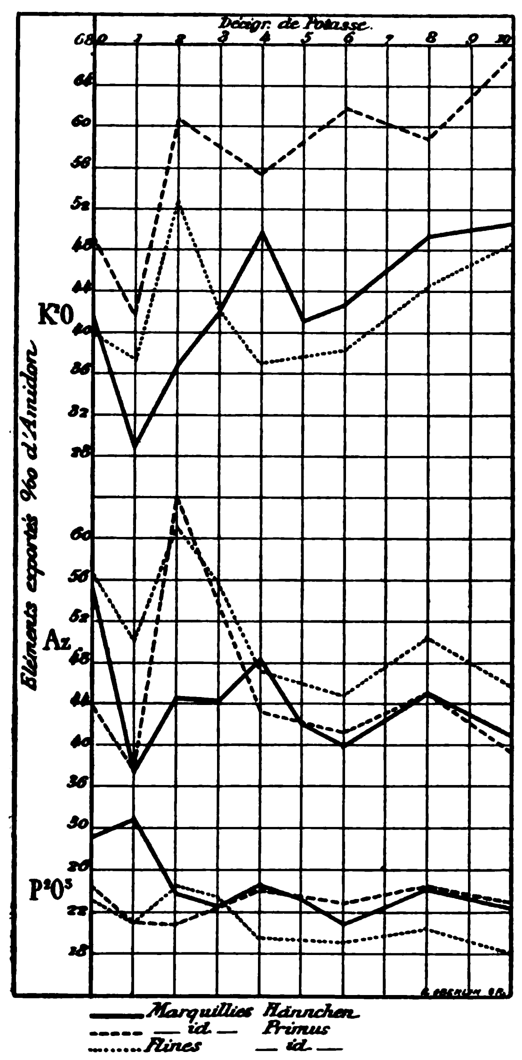


Graphique XXXII.

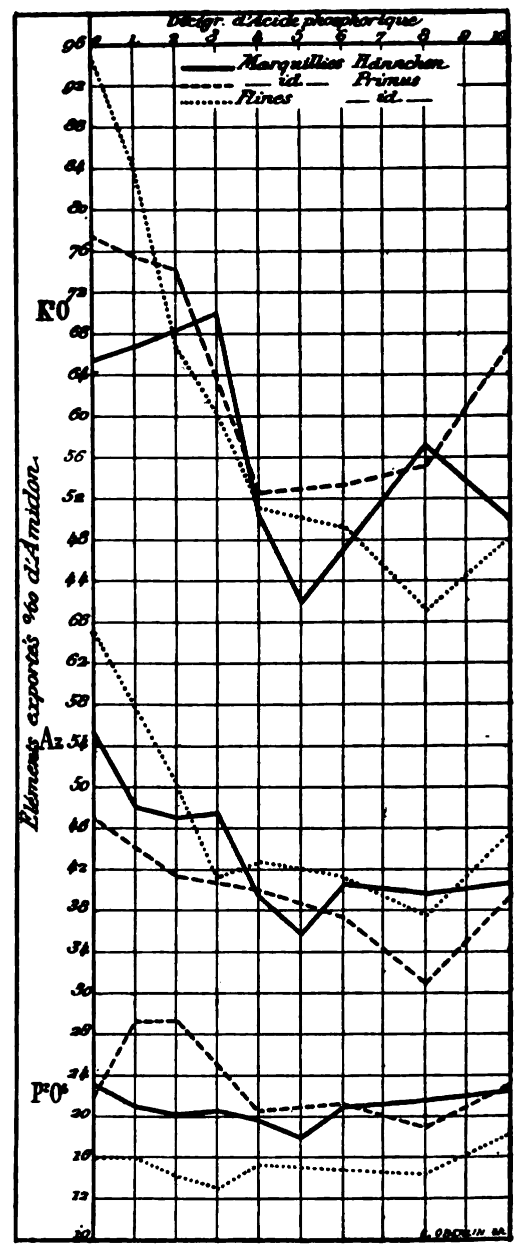
Le graphique XXXII résume l'action des doses croissantes d'azote sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons que l'exportation d'azote par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit baisse fortement sous l'action de l'azote, jusqu'aux doses de 0gr5 à 0gr6; elle s'élève ensuite pour les doses plus fortes. L'exportation d'acide phosphorique subit une variation du même genre, c'est-à-dire baisse d'abord pour se relever légèrement ensuite. L'exportation de potasse varie aussi dans le même sens, quoiqu'un peu plus irrégulièrement, mais on peut constater en général une diminution pour les doses faibles d'azote, et une augmentation pour les doses fortes.

Nous arrivons donc ici à la même conclusion : les engrais azotés font baisser, en général, l'exportation des éléments fertilisants par la récolte aussi bien pour 1,000 de récolte totale que pour 1,000 d'amidon produit.



Graphique XXXIII.



Graphique XXXIV.

e) Action des doses croissantes de potasse sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de potasse gr.	Éléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
K^2O 0,0	55,49	44,08	56,41	41,06	49,51	40,24	29,24	24,37	23,22
» 0,1	36,90	37,12	50,59	28,80	41,80	37,69	30,64	21,10	21,03
» 0,2	44,68	64,12	61,29	36,50	60,56	53,13	23,95	20,93	24,65
» 0,3	44,20	»	55,70	42,10	»	42,77	22,67	»	23,47
» 0,4	48,34	43,43	47,33	49,59	55,63	37,29	24,65	24,20	19,62
» 0,5	42,21	»	»	41,29	»	»	23,12	»	»
» 0,6	40,05	41,55	44,89	42,74	61,66	38,45	21,10	23,16	19,23
» 0,8	45,05	45,25	50,21	49,64	58,46	44,47	24,26	24,43	20,33
» 1,0	40,85	39,51	45,86	50,26	66,58	48,16	22,30	22,64	18,02

Le graphique XXXIII résume l'action des doses croissantes de potasse sur les éléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Nous voyons qu'en règle générale la potasse fait baisser l'exportation d'azote et d'acide phosphorique par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit (à part l'irrégularité, qui se rencontre partout, de l'essai Marquillies-Primus à la dose de 0gr2). Par contre, l'exportation de potasse croît.

f) Action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

Doses de P^2O^5 gr.	Éléments fertilisants exportés par la récolte totale pour 1.000 d'amidon produit								
	Azote			Potasse			Acide phosphorique		
	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES	MARQUILLIES		FLINES
	H.	P.	P.	H.	P.	P.	H.	P.	P.
P^2O^5 0,0	55,13	47,08	64,92	65,40	77,51	94,79	23,11	22,07	16,02
» 0,1	48,03	44,17	57,35	66,57	75,50	83,84	20,84	29,45	16,01
» 0,2	47,05	41,46	49,95	68,32	74,15	66,43	20,15	29,55	14,27
» 0,3	47,22	»	41,29	69,96	»	60,11	21,50	»	12,99
» 0,4	39,55	39,95	42,66	50,45	52,64	50,96	19,70	20,44	15,45
» 0,5	35,81	»	»	41,85	»	»	17,90	»	»
» 0,6	40,72	37,63	41,29	47,27	53,46	49,30	20,82	21,06	15,01
» 0,8	39,59	31,02	37,50	56,87	55,23	41,27	21,64	19,05	14,52
» 1,0	40,85	39,51	45,86	50,26	66,58	48,16	22,30	22,64	18,02

Le graphique XXXIV résume l'action des doses croissantes d'acide phosphorique sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit.

L'action de l'acide phosphorique est tout à fait caractéristique. L'exportation d'azote par la récolte totale pour 1,000 d'amidon produit diminue fortement sous l'action des doses croissantes d'acide phosphorique. Il en est de même pour l'exportation de potasse, surtout dans la terre de Flines. L'exportation d'acide phosphorique reste à peu près la même, quelle que soit la dose d'acide phosphorique.

Remarquons enfin que l'orge Primus est en général plus exigeante que l'orge Hannchen, au point de vue des éléments fertilisants, pour produire une même quantité de récolte totale et d'amidon. Cette même orge Primus est en outre moins exigeante surtout au point de vue de la potasse et de l'acide phosphorique, dans la terre pauvre de Flines que dans la terre riche de Marquillies, tout en donnant des récoltes supérieures.

Résumé des résultats obtenus

Nous comparerons d'abord, dans nos conclusions, l'action des éléments fertilisants sur la même orge dans deux terres différentes, une terre riche et une terre pauvre. Nous indiquerons ensuite les différences qui existent entre deux orges dans une même terre riche. Notre matériel d'expérimentation ne nous a pas permis de faire ce dernier essai également sur une terre pauvre avec deux orges différentes.

Ces conclusions ne sont valables, pour chaque élément, qu'à condition qu'il soit employé en présence d'un excès des deux autres éléments, et sous forme de sulfate d'ammoniaque pour l'azote, de chlorure de potassium pour la potasse, et de superphosphate pour l'acide phosphorique.

I

Action des éléments fertilisants sur une même orge dans deux terres différentes, une terre riche et une terre pauvre

1° Influence de l'Azote

A) Sur le poids de la récolte. — *a) Sur la récolte de grain.* — L'azote fait monter fortement dans les deux terres la récolte en grain, et l'augmentation maxima pour $0^{gr}1$ d'azote ajouté correspond à la dose de $0^{gr}2$ d'azote par pot. Il augmente également la grosseur du grain.

b) Sur la récolte de paille. — L'azote fait monter aussi très fortement la récolte de paille, dans les deux terres, et l'augmentation maxima pour $0^{gr}1$ d'azote ajouté correspond à la dose de $0^{gr}4$ d'azote par pot.

c) Sur la récolte totale. — L'action sur le grain et la paille étant du même sens, il y a évidemment une augmentation caractéristique du poids de la récolte totale sous l'influence de l'azote.

B) Sur la composition chimique du grain. — *a) Sur la richesse en amidon.* — Les faibles doses d'azote favorisent la richesse en amidon, les fortes doses ont une tendance à la faire baisser, surtout quand la terre est pauvre en azote.

b) Sur l'amidon total produit. — L'influence est à peu près la même que sur la récolte de grain ; l'amidon total produit augmente avec la dose d'azote ajoutée.

c) Sur la richesse en matières azotées. — Dans les terres où l'azote produit une augmentation sensible de rendement, les doses faibles d'azote font baisser la teneur de l'orge en matières azotées. Cette diminution d'azote semble porter surtout sur l'azote soluble. Les doses fortes paraissent nuisibles et relèvent la richesse en azote, mais cette augmentation paraît porter surtout sur l'azote insoluble.

C) ***Sur les éléments exportés par la récolte.*** — *a*) ***Sur les éléments exportés pour 1000 de grain.*** — L'azote fait baisser, d'une façon générale, l'exportation des éléments fertilisants pour 1000 de grain produit, aussi bien en terre riche qu'en terre pauvre.

b) ***Sur les éléments exportés par le grain pour 1000 d'amidon.*** — L'action est du même sens ; baisse de l'exportation des éléments.

c) ***Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 de paille.*** — L'action est encore de même nature ; il y a baisse de l'exportation des éléments.

d) ***Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 d'amidon.*** — L'action est du même sens encore pour l'exportation d'azote, qui baisse d'abord et remonte ensuite par suite de la diminution de la richesse en amidon. Les exportation d'acide phosphorique et de potasse sont assez peu influencées.

e) ***Sur les éléments exportés pour 1000 de récolte totale.*** — L'azote fait baisser nettement, dans les deux terres, l'exportation de tous les éléments fertilisants pour 1000 de récolte totale.

f) ***Sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1000 d'amidon produit.*** — L'action résulte des deux actions combinées sur le grain et sur la paille et en général elle se caractérise par une baisse de l'exportation des éléments fertilisants pour 1000 d'amidon.

2° Influence de la potasse

A) ***Sur le poids de la récolte.*** — *a*) ***Sur la récolte de grain.*** — L'action est insensible dans une terre assez riche en potasse ; mais dans la terre pauvre, la potasse, même à faible dose, fait monter nettement la récolte de grain. Elle exerce également sur la grosseur du grain une action favorable.

b) ***Sur la récolte de paille.*** — L'action est insensible dans

une terre riche en potasse, au contraire, dans la terre pauvre, il se produit une augmentation très nette de la récolte en paille. Toutefois cette augmentation est inférieure à celle du grain sous l'action de la potasse dans la même terre. La potasse agit donc surtout sur le grain dans la terre pauvre en potasse.

c) *Sur la récolte totale.* — L'action est insensible en terre riche ; en terre pauvre, il y a une augmentation caractéristique.

B) ***Sur la composition chimique du grain.*** — a) *Sur la richesse en amidon.* — La potasse favorise la richesse en amidon, et cette action favorisante est obtenue avec des doses faibles de potasse aussi bien qu'avec des doses fortes.

b) *Sur l'amidon total produit.* — L'amidon total produit croît par conséquent sous l'action de la potasse ; cet accroissement est surtout sensible en terre pauvre où l'augmentation de la récolte en grain vient se joindre à celle de l'amidon.

c) *Sur la richesse en matières azotées.* — La potasse est sans action sensible, aussi bien en terre riche qu'en terre pauvre.

C) ***Sur les éléments exportés par la récolte.*** — a) *Sur les éléments exportés pour 1000 de grain.* — La potasse est sans action bien nette sur l'exportation d'azote et d'acide phosphorique. Elle élève l'exportation de potasse.

b) *Sur les éléments exportés par le grain pour 1000 d'amidon.* — L'exportation d'azote et d'acide phosphorique diminuent légèrement sous l'action de la potasse ; l'exportation de potasse augmente nettement.

c) *Sur les éléments exportés pour 1000 de paille.* — L'action est peu sensible sur l'azote et l'acide phosphorique ; elle est caractéristique sur la potasse dont l'exportation augmente fortement.

d) *Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 d'amidon.* — L'exportation d'azote baisse, celle d'acide

phosphorique est à peu près constante, tandis que l'exportation de potasse s'élève, surtout en terre riche.

e) Sur les éléments exportés pour 1000 de récolte totale. — L'action est peu sensible sur l'exportation d'azote et d'acide phosphorique. L'exportation de potasse est augmentée.

f) Sur les éléments exportés par la récolte totale pour 1000 d'amidon. — La potasse fait baisser dans ce cas l'exportation d'azote et d'acide phosphorique, et fait croître celle de potasse.

3° Influence de l'acide phosphorique

A) Sur le poids de la récolte. — *a) Sur la récolte de grain.* — L'action est peu sensible en terre riche ; en terre pauvre, on constate une augmentation caractéristique, même avec de très faibles doses d'acide phosphorique. La grosseur du grain est augmentée ainsi.

b) Sur la récolte de paille. — L'action est insensible dans une terre riche en acide phosphorique ; au contraire, en terre pauvre, l'acide phosphorique, même à faible dose, produit une augmentation très nette de la récolte de paille. Comme avec la potasse, cette augmentation est plus forte pour le grain que pour la paille ; l'acide phosphorique agit donc surtout sur la récolte de grain dans les terres pauvres.

c) Sur la récolte totale. — Cette action résume les deux précédentes ; elle est donc insensible en terre riche, et se manifeste en terre pauvre par une forte augmentation.

B) Sur la composition chimique du grain. — *a) Sur la richesse en amidon.* — L'acide phosphorique fait monter fortement la richesse en amidon, et c'est l'élément le plus actif sous ce rapport. L'augmentation de richesse en amidon pour 0gr 1 d'acide phosphorique ajouté croît d'abord nettement jusqu'à la dose de 0gr5 d'acide phosphorique, puis elle devient plus faible.

b) Sur l'amidon total produit. — Il résulte de la conclusion précédente que l'amidon total produit croît sous l'action

de l'acide phosphorique; cet accroissement est surtout sensible en terre pauvre où l'augmentation de la récolte en grain vient se joindre à celle de l'amidon.

c) *Sur la richesse en matières azotées.* — L'acide phosphorique fait baisser le teneur du grain en matières azotées. Cette réduction semble porter surtout sur les matières azotées solubles non coagulables qui sont les plus nuisibles au brasseur quand elles sont en excès.

C) Sur les éléments exportés par la récolte. — *a) Sur les éléments exportés pour 1000 de grain.* — L'acide phosphorique fait baisser nettement, d'une façon générale, l'exportation d'azote et de potasse pour 1000 de grain ; il augmente légèrement l'exportation d'acide phosphorique.

b) Sur les éléments exportés par le grain pour 1000 d'amidon. — L'exportation d'azote et de potasse par le grain pour 1000 d'amidon baisse. L'exportation d'acide phosphorique augmente légèrement en terre pauvre ; elle diminue au contraire un peu en terre riche.

c) Sur les éléments exportés pour 1000 de paille. — L'action sur l'exportation d'azote et de potasse est peu sensible. Il y a cependant baisse légère de l'exportation d'azote en terre pauvre. C'est donc surtout sur l'exportation par le grain que porte l'action favorisante de l'acide phosphorique. Quant à l'exportation de potasse, elle ne varie pas en terre riche, mais baisse très fortement dans une terre pauvre en acide phosphorique.

d) Sur les éléments exportés par la paille pour 1000 d'amidon. — L'exportation d'azote et de potasse baisse fortement; l'exportation d'acide phosphorique reste à peu près constante.

e) Sur les éléments exportés pour 1000 de récolte totale. — L'exportation d'azote et de potasse baisse sous l'action de l'acide phosphorique, surtout en terre pauvre. L'exportation d'acide phosphorique augmente légèrement.

f) Sur les éléments exportés par la récolte totale pour

1000 d'amidon. — L'exportation d'azote et de potasse sous ce rapport diminuent très nettement. L'exportation d'acide phosphorique reste à peu près stationnaire.

II

Action des éléments fertilisants sur deux orges dans une même terre riche

Les conclusions exposées ci-dessus sont également valables, d'une façon générale, aussi bien pour l'orge Primus que pour l'orge Hannchen. Les différences principales qui existent entre les deux orges, comparées dans une même terre, sont les suivantes :

a) Influence sur le poids de la récolte. — Les rendements en grain de l'orge Hannchen sont toujours plus élevés que ceux de l'orge Primus ; par contre, les rendements en paille sont en général plus faibles avec Hannchen qu'avec Primus, de sorte que les récoltes totales sont à peu près équivalentes avec les deux orges ; il y a cependant un léger avantage en faveur de l'orge Hannchen.

b) Sur la composition chimique du grain. — Il y a peu de différences entre les deux orges au point de vue de l'amidon ; mais Hannchen est toujours plus riche en matières azotées que Primus, et surtout en azote soluble non coagulable. L'orge Primus est donc préférable sous ce rapport.

c) Sur les éléments exportés par la récolte. — L'orge Primus exporte moins d'éléments fertilisants que l'orge Hannchen pour une même quantité de grain produit. Mais, pour la production de la paille, l'orge Hannchen est au contraire beaucoup moins exigeante que Primus pour produire une même quantité de paille, de sorte qu'en considérant la

récolte totale, on voit qu'en général l'orge Primus demande, pour produire une même quantité de récolte totale et d'amidon, une plus grande quantité d'éléments fertilisants.

Conclusions générales

Il résulte de tout ce qui précède que, quelle que soit la terre, les engrais les plus favorables pour la production de l'orge de brasserie sont les engrais azotés. Ce sont eux qui font augmenter le rendement en donnant, si on les emploie modérément, des plantes moins riches en éléments fertilisants, et en particulier des grains moins riches en azote et principalement en azote soluble. De plus, à faible dose, les engrais azotés augmentent la richesse en amidon. Mais il est de toute évidence qu'il est dangereux d'accroître outre mesure les doses d'azote dans la terre : il en résulterait une verse certaine et d'autre part, en présence de fortes doses d'azote, les grains s'enrichissent en matières azotées. Il en résulterait aussi un appauvrissement plus considérable du sol en engrais potassiques et phosphatés, qui, lorsqu'ils ne sont pas tous consommés par les cultures, sont conservés pour les récoltes suivantes dans le sol, grâce au pouvoir absorbant.

Les engrais phosphatés n'ont d'influence sur les rendements que dans les terres pauvres en acide phosphorique. D'après ce que nous savons de l'action nuisible des engrais azotés à haute dose sur la composition chimique du grain (même en présence d'un excès d'acide phosphorique), il est facile de prévoir, qu'en supprimant l'acide phosphorique, nous ne ferons qu'exagérer ce phénomène ; en ajoutant de l'acide phosphorique, nous constaterons donc *a priori* une amélioration dans la composition chimique du grain. En présence d'un excès d'azote et de potasse, il favorise en effet

la teneur en amidon et fait baisser la teneur en matières azotées. Au point de vue agricole, les engrais phosphatés sont également avantageux parce qu'ils font baisser l'exportation d'azote et de potasse pour 1000 de récolte totale. Seule l'exportation d'acide phosphorique est légèrement augmentée.

Les engrais potassiques n'ont aussi d'influence sur le rendement que dans les terres pauvres. Ils augmentent la teneur en amidon ; mais sont sans action bien marquée sur la teneur en matières azotées et sur l'exportation d'azote et d'acide phosphorique par la récolte.

Enfin remarquons que l'azote fait décroître le rapport du grain à la paille ; les engrais potassiques et phosphatés ont l'influence inverse. Ce n'est donc qu'en équilibrant les engrais azotés avec les engrais potassiques et phosphatés qu'on arrivera à avoir une récolte normale quant à tous ses éléments.

Le problème qui se pose pour l'agriculteur peut recevoir un commencement de solution. L'agriculteur a en effet un intérêt capital à augmenter ses rendements, si la composition chimique de l'orge est encore acceptable pour le brasseur. La première série d'expériences qui porte sur l'application des engrais azotés en présence d'un excès massif des deux autres éléments fertilisants, potasse et acide phosphorique (ce qui n'a aucun inconvénient au point de vue économique puisque ces engrais pourront être utilisés dans la suite, retenus qu'ils sont par le pouvoir absorbant), est à ce sujet très instructive. Dans tous les cas, l'application d'engrais azotés donne un supplément de récolte et de plus les orges (pour une dose convenable d'engrais azotés) sont encore acceptables en brasserie et même jusqu'à un certain point préférables au témoin sans azote puisqu'elles sont moins riches en matières azotées et plus riches en amidon.

L'acide phosphorique et la potasse comme l'ont remarqué plusieurs expérimentateurs (Lawes et Gilbert ; Garola) n'ont pas d'influence notable sur les rendements. D'après nos essais, une influence sensible se manifesterait dans les terres

pauvres ; mais, toutes choses égales d'ailleurs, cette influence est toujours nettement inférieure à celle des engrais azotés. Il suffirait donc à l'agriculteur de faire un phosphatage de fond, avec de bonnes fumures potassiques, en se contentant de donner dans la suite une dose d'engrais correspondant à l'exportation des récoltes. Cette restitution devrait bien entendu se faire dans tous les cas : terre riche ou terre pauvre. En résumé, les engrais potassiques et phosphatés, d'après nos essais, influent surtout sur la composition de l'orge. Pour avoir d'autres renseignements plus pratiques sur l'action de ces engrais en l'absence d'un excès d'azote, reportons-nous à celles de nos expériences de 1903 qui ont été effectuées avec des terres où l'équilibre des éléments n'a pas été rompu par une dose massive de deux éléments en vue de l'étude du troisième.

Nous voyons en comparant chaque pot ayant reçu un seul engrais (soit 1 gr. d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse) au pot témoin ayant reçu la terre normale, que l'azote a presque triplé la récolte d'amidon, en donnant une teneur en amidon plus faible que celle du témoin, mais encore suffisante ; l'acide phosphorique et la potasse n'ont pas donné de supplément de récolte et les teneurs en amidon sont restées comparables à celle du témoin. Dans une terre de composition moyenne, l'agriculteur a donc d'abord intérêt à employer des engrais azotés pour obtenir les rendements les plus forts. Au point de vue de la brasserie, les engrais phosphatés principalement et les engrais potassiques font baisser légèrement la teneur en matières azotées du grain par rapport au témoin. D'un autre côté, les grains à haut rendement, obtenus avec de fortes fumures azotées, ont une teneur en azote beaucoup plus forte que celle des témoins. Pour parer à cet inconvénient, inhérent au fort rendement, l'agriculteur a à sa disposition l'emploi des engrais phosphatés et potassiques que nous appellerons engrais de correction de composition de l'orge. On constate en effet que ces engrais, employés en même temps que les engrais azotés (engrais nous donnant

toujours le haut rendement), relèvent la teneur du grain en amidon pour la rendre au moins égale à celle du grain cultivé sur la terre sans aucun engrais, quelle que soit la quantité d'azote, 0gr5 ou 1 gr. Nous voyons aussi qu'avec 0gr5 d'azote, l'acide phosphorique et la potasse font baisser la teneur du grain en matières azotées au-dessous de celle du témoin sans aucun engrais. Enfin, pour la dose de 1 gr. d'azote, ces mêmes engrais n'abaissent plus la teneur en azote au-dessous de celle du témoin.

Donc, en résumé, d'après ces derniers essais, il résulte que l'agriculteur pourra toujours augmenter ses rendements par l'emploi de doses modérées d'engrais azotés (sulfate d'ammoniaque, ou nitrate de soude) ; et, par l'adjonction d'engrais phosphatés (superphosphate) et potassiques (sulfate de potasse), engrais de correction de composition, il aura un grain d'une richesse en amidon aussi grande et d'une teneur en matières azotées aussi faible qu'avec une culture à beaucoup plus faible rendement sans l'emploi des engrais azotés. L'agriculteur et le brasseur auront donc satisfaction tous les deux.

TABLE DES MATIÈRES

Henri GROSJEAN. — Le Dr H. Georges (1836-1905), Maître de Conférences d'hygiène à l'Institut National Agronomique 5

A. MÜNTZ, E. LAINÉ et R. GALLOIS. — Dosage rapide de l'Acide Carbonique dans les atmosphères confinées ainsi que dans l'atmosphère libre . . 14

P. VIALA et P. PACOTET. — Levures et Kystes des Glœosporium. 31

Max RINGELMANN. — Essai sur l'Histoire du Génie rural (*suite*) 85

Dr Georges DELACROIX. — Recherches sur quelques maladies du tabac en France 141

R. OLRY. — Utilisation agricole des Eaux. Contribution à l'étude des prairies irriguées dans les Vosges (*suite et fin*) 233

LINDET et AMMANN. — Contribution à l'étude des Matières albuminoïdes solubles du lait 283

Max RINGELMANN. — Essai sur l'Histoire du Génie rural (*suite*) 297

Dr Georges DELACROIX. — Sur quelques Maladies bactériennes observées à la Station de Pathologie végétale 353

E. BOULLANGER et L. MASSOL. — Etudes expérimentales sur l'Orge de brasserie. 369



ARGENTEUIL. — IMP. JULES MOREAU, 9, RUE DE LA LIBERTÉ



